



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE  
UBICADA EN LA PARROQUIA ENOKANQUI DEL  
CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”**

**Tesis de Grado Previa a la obtención del título de:  
INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: ALEXANDRA IBETH CHANALUISA CHOLOQUINGA**  
**TUTOR: ING. MARCO CHUIZA**

**Riobamba - Ecuador**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por sus infinitas bendiciones de amor y bondad, por haberme permitido llegar hasta este punto y así vencer los obstáculos presentados durante mi vida.

A mis padres Mesías y María, quienes me dieron la vida y el apoyo incondicional durante mi vida estudiantil para lograr un mejor porvenir.

Al Ing. Marco Chuiza y Dr. Edmundo Caluña, quienes contribuyeron con sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto de Tesis.

A mi esposo Rafael y a mi amiga Lucía por darme ánimos en los momentos difíciles de desesperación y pesimismo.

Al Lcdo. Antonio Espinoza y Dr. Fabián Arias por la apertura a LABSU para poder realizar la parte experimental de esta investigación.

A la Escuela Superior Politécnica, por la formación académica, y porque en ella conocí excelentes maestros y amigos.

**Alexandra I. Chanaluisa Ch.**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Quienes son el pilar fundamental en mi vida, y por estar conmigo en las buenas y en las malas, por su apoyo tanto moral como económico para la culminación de mi meta profesional.

### **A mi esposo**

Rafael por su dedicación y comprensión en los momentos de abandono y brindarme el amor para seguir adelante.

### **A mi hija**

Crhistel que con su sonrisa me inspira a luchar cada día contra las adversidades que se presenten.

### ***A mis hermanos***

En especial a mi hermana Carmen que me acompaño en la maravillosa etapa de la maternidad. Ayudándome en el cuidado de mi pequeña.

### ***A mis amigas***

Lucía, Fernanda, Carmen por compartir buenos y malos momentos.

**Alexandra I. Chanaluisa Ch.**

Yo, **ALEXANDRA IBETH CHANALUISA CHOLOQUINGA**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el trabajo investigativo sobre la Optimización del Sistema de Agua Potable ubicada en la parroquia Enokanqui del cantón Joya de los Sachas, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

-----

ALEXANDRA I. CHANALUISA CH.

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**HOJA DE FIRMAS**

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UBICADA EN LA PARROQUIA ENOKANQUI DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”** de responsabilidad de la señorita **ALEXANDRA IBETH CHANALUISA CHOLOQUINGA**, ha sido prolijamente revisado por los miembros del tribunal de tesis, quedando autorizado para su presentación

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Marco Chuiza

-----

-----

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Edmundo Caluña

-----

-----

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN.....	i
ANTECEDENTES.....	ii
JUSTIFICACIÓN.....	iii
OBJETIVOS.....	iv

## CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO .....	1
1.1	AGUA POTABLE .....	1
1.2	CALIDAD DEL AGUA .....	2
1.2.1	PARÁMETROS FÍSICOS.....	2
1.2.2	PARÁMETROS QUÍMICOS .....	4
1.2.3	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	6
1.3	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	6
1.3.1	CAPTACIÓN .....	7
1.3.2	LÍNEA DE CONDUCCIÓN .....	8
1.3.3	TRATAMIENTO .....	8
1.3.4	BOMBEO .....	14
1.3.5	RESERVORIO .....	14
1.3.6	DISTRIBUCIÓN .....	15
1.4	NORMATIVA UTILIZADA.....	15
1.4.1	NORMAS INEN 1108:2006 (AGUA POTABLE-REQUISITOS) .....	15
1.5	OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA .....	15
1.5.1	CAUDAL DE DISEÑO .....	16
1.5.2	SISTEMA DE REJILLAS.....	21

1.5.3	DESARENADOR .....	26
1.5.4	FILTRO LENTO DE ARENA .....	31
1.5.5	CLORACIÓN .....	41
1.5.6	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	43

## **CAPÍTULO II**

2	PARTE EXPERIMENTAL .....	44
2.1	MUESTREO .....	44
2.1.1	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	44
2.1.2	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	44
2.1.3	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	45
2.2	METODOLOGÍA .....	45
2.2.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	45
2.2.2	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN .....	46
2.2.3	TRATAMIENTO DE MUESTRAS .....	46
2.2.4	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS .....	47
2.2.5	MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	47
2.3	DATOS EXPERIMENTALES .....	65
2.3.1	MEDICIÓN DEL CAUDAL .....	65
2.3.2	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA .....	66
2.3.3	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE CAPTACIÓN Y AGUA TRATADA .....	70
2.3.4	DATOS ADICIONALES .....	78

## **CAPÍTULO III**

3	CÁLCULOS Y RESULTADOS .....	80
---	-----------------------------	----

3.1	CÁLCULOS.....	80
3.1.1	CAUDAL DE DISEÑO .....	80
3.1.2	REJILLAS .....	84
3.1.3	DESARENADOR .....	88
3.1.4	FILTRO LENTO DE ARENA DESCENDENTE .....	94
3.1.5	CLORACIÓN.....	102
3.2	RESULTADOS.....	105
3.2.1	POBLACIÓN FUTURA .....	105
3.2.2	REJILLAS .....	105
3.2.3	DESARENADOR .....	106
3.2.4	FILTRO LENTO .....	106
3.2.5	CLORACIÓN.....	108
3.3	PROPUESTA.....	110
3.3.1	PRESUPUESTO.....	111
3.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	114
3.4.1	ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS .....	114
3.4.2	Análisis Microbiológicos.....	116
3.4.3	DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE HIPOCLORITO DE CALCIO .....	117
3.4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	121

## CAPÍTULO IV

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	122
4.1	CONCLUSIONES .....	122
4.2	RECOMENDACIONES .....	123

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS



## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Área
<b>AA</b>	Absorción Atómica
<b>CE</b>	Conductividad Eléctrica
<b>CF</b>	Coliformes Fecales
<b>CT</b>	Coliformes Totales
<b>C<sub>1</sub></b>	Concentración de solución conocida
<b>C<sub>2</sub></b>	Concentración de solución desconocida
<b>D</b>	Diámetro
<b>D<sub>Bruta</sub></b>	Dotación bruta
<b>D<sub>Neta</sub></b>	Dotación neta
<b>DT</b>	Dureza Total
<b>L</b>	Litros
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>mg/L</b>	Miligramos por litro
<b>NMP</b>	Número más probable
<b>NTU</b>	Unidad Nefelométrica de Turbidez
<b>P<sub>f</sub></b>	Población Futura
<b>pH</b>	Potencial de Hidrogeno
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>Pt-Co</b>	Platino Cobalto
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qmd</b>	Caudal medio diario
<b>QMD</b>	Caudal máximo diario
<b>QMh</b>	Caudal máximo horario
<b>s</b>	Segundos
<b>STD</b>	Sólidos totales disueltos
<b>T</b>	Temperatura
<b>μS/cm</b>	Micro siemens por centímetro

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Caja de manantial .....	7
Figura 2	Planta para un suministro pequeño de agua .....	8
Figura 3	Aireadores típicos de bandejas .....	9
Figura 4	Estructura del desarenador .....	10
Figura 5	Filtro lento .....	12
Figura 6	Filtro rápido .....	12
Figura 7	Factores de forma $\beta$ .....	25
Figura 8	Sistema de Tuberías Perforadas .....	34
Figura 9	Sistema de Agua Potable Enokanqui.....	66
Figura 10	Resultados promedio de Turbidez .....	114
Figura 11	Resultados promedio de Turbidez .....	115
Figura 12	Resultados promedio de Coliformes totales y fecales.....	116
Figura 13	Coliformes Totales con respecto a la norma .....	117
Figura 14	Resultado de concentración de cloro residual .....	118
Figura 15	Resultado de Coliformes Totales .....	118
Figura 16	Resultado de concentración de Cloro residual .....	119
Figura 17	Resultado de Coliformes Totales .....	119
Figura 18	Resultado de concentración de Cloro residual .....	120
Figura 19	Resultado de Coliformes Totales .....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Propiedades de los productos de cloro .....	14
Tabla N° 2	Nivel de complejidad del sistema .....	17
Tabla N° 3	Dotación neta según el nivel de complejidad .....	18
Tabla N° 4	Pérdidas Técnicas .....	19
Tabla N° 5	Valores de $k_1$ .....	20
Tabla N° 6	Medidas típicas del canal de rejillas .....	21
Tabla N° 7	Diseño de rejillas de limpieza manual .....	22
Tabla N° 8	Cargas Superficiales según HAZEN .....	26
Tabla N° 9	Criterios para diseñar un filtro lento para zonas rurales .....	31
Tabla N° 10	Parámetro de diseño para drenajes por tuberías .....	34
Tabla N° 11	Parámetros de Diseños para Drenajes con Tubos Perforados .....	35
Tabla N° 12	Especificaciones para Lechos Filtrantes de Filtros Lentos .....	38
Tabla N° 13	Lecho recomendado para Filtros Lentos de Arena .....	40
Tabla N° 14	Método estimado para Hipoclorito de Calcio .....	41
Tabla N° 15	Plan de muestreo .....	45
Tabla N° 16	Equipos, materiales y reactivos .....	47
Tabla N° 17	Descripción del método de análisis .....	48
Tabla N° 18	Determinación del pH .....	50
Tabla N° 19	Determinación de la Conductividad .....	51
Tabla N° 20	Determinación de Sólidos Totales Disueltos .....	52
Tabla N° 21	Determinación de Cloruros .....	53
Tabla N° 22	Determinación de Sulfatos .....	54
Tabla N° 23	Determinación de Nitritos .....	55
Tabla N° 24	Determinación de Nitratos .....	56
Tabla N° 25	Determinación de Hierro total .....	57
Tabla N° 26	Determinación de la Turbidez .....	58
Tabla N° 27	Determinación de la Dureza Total .....	59
Tabla N° 28	Determinación de la Alcalinidad Total .....	60
Tabla N° 29	Determinación de la Dureza Cálcica .....	61
Tabla N° 30	Determinación del Color .....	62
Tabla N° 31	Determinación de la Dosis de Cloro .....	63
Tabla N° 32	Determinación del Cloro .....	64

Tabla N° 33	Medida del Caudal por bombeo.....	65
Tabla N° 34	Medida del Caudal por Gravedad .....	65
Tabla N° 35	Descripción de las captaciones .....	67
Tabla N° 36	Detalles de los tanques de almacenamiento .....	69
Tabla N° 37	Caracterizacion fisico-quimica del agua cruda (Semana 1) .....	71
Tabla N° 38	Analisis microbiológico (Semana 1) .....	71
Tabla N° 39	Caracterizacion fisico-quimica del agua tratada (Semana 1) .....	72
Tabla N° 40	Analisis microbiológico (Semana 1) .....	72
Tabla N° 41	Caracterizacion fisicoquimica del agua cruda (Semana 2).....	73
Tabla N° 42	Analisis microbiológico (Semana 2) .....	73
Tabla N° 43	Caracterizacion fisicoquimica del agua tratada (Semana 2).....	74
Tabla N° 44	Analisis microbiológico (Semana 2) .....	74
Tabla N° 45	Caracterizacion fisicoquimica del agua cruda (Semana 3).....	75
Tabla N° 46	Análisis Microbiológico (Semana 3).....	75
Tabla N° 47	Caracterizacion fisicoquimica del agua tratada (Semana 3).....	76
Tabla N° 48	Análisis Microbiológico (Semana 3).....	76
Tabla N° 49	Caracterizacion fisicoquimica del agua cruda (Semana 4).....	77
Tabla N° 50	Análisis microbiológico (Semana 4) .....	77
Tabla N° 51	Caracterizacion fisicoquimica del agua tratada (Semana 4).....	78
Tabla N° 52	Análisis microbiológico (Semana 4) .....	78
Tabla N° 53	Datos In-situ .....	79
Tabla N° 54	Resultados de la Población Futura (2033).....	105
Tabla N° 55	Resultado del diseño de rejillas .....	106
Tabla N° 56	Resultados del desarenador .....	106
Tabla N° 57	Resultados para cada filtro lento .....	107
Tabla N° 58	Resultados de la dosificación de cloro .....	108
Tabla N° 59	Resultados de la dosificación de cloro .....	109
Tabla N° 60	Resultados promedio de Turbidez .....	114
Tabla N° 61	Resultados In-situ de turbidez .....	115
Tabla N° 62	Resultados promedio de CT y CF.....	116
Tabla N° 63	Resultados de CT en el agua tratada.....	117

## **INDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 1	Captaciones de concreto.....	68
Fotografía 2	Tanques de almacenamiento .....	69

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1	NORMAS INEN.....	128
ANEXO 2	DATOS PARA EL DESARENADOR.....	137
ANEXO 3	SISTEMA ACTUAL .....	138
ANEXO 4	CASETA DE BOMBEO .....	138
ANEXO 5	EQUIPOS UTILIZADOS .....	138
ANEXO 6	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS .....	138
ANEXO 7	PROPUESTA.....	138
ANEXO 8	RESULTADOS DE LA MUESTRA.....	138

## **RESUMEN**

En el trabajo investigativo se realizó La Optimización del Sistema de Agua Potable ubicada en la parroquia Enokanqui del cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

La metodología exploratoria y evaluativa, requiere de un monitoreo durante 4 semanas, en los puntos de captación de la vertiente “3 de Noviembre” y cloración en el tanque de almacenamiento, que fueron llevadas al Laboratorio LABSU, establecimiento que pertenece al Colegio Padre Miguel Gamboa, ubicada en la ciudad del Coca, provincia de Orellana

En el área analítica se realizaron pH, turbidez, conductividad, sólidos totales disueltos, color, nitratos, alcalinidad, cloruros, dureza total y cálcica; en el área instrumental sulfatos, nitritos, hierro, plomo, cloro residual y en el área microbiológica coliformes totales y fecales. Los materiales utilizados fueron botellas de vidrio, frascos estériles, guantes, vasos de precipitación, matraz Erlenmeyer, pipetas, tubos de ensayo, cajas Petri, sistema de filtración, mechero Bunsen, membranas de filtración, estufa de incubación. Los resultados de los análisis demostraron que la turbidez, coliformes totales y fecales se encuentran fuera de los límites permisibles de la Norma INEN 1108:2006, los demás parámetros están en conformidad.

Se realizó la dosificación óptima de cloro en el laboratorio dando como resultado un valor de 1,5 ppm, con dicha concentración y un tiempo de contacto de 30 minutos, obtenemos coliformes totales y fecales en un 99,9% removibles.

En el presente trabajo de investigación científica se concluye que se debe elaborar un “Manual de Operación y Mantenimiento” que servirá para llevar a cabo el trabajo necesario para mantener buenos resultados en la planta.

Además se recomienda que el presidente de la Junta Administradora de Agua potable Enokanqui, ponga en marcha las alternativas propuestas en esta investigación.

Palabras claves: <AGUA POTABLE> <COLIFORMES> <DOSIFICACIÓN>  
<MANUAL> <MONITOREO> <OPTIMIZACIÓN> <SISTEMA> <TURBIDEZ>

## SUMMARY

This research is based on the Optimization of the Drinking Water system from Enokanqui district located in Joya de los Sachas canton, belonging to Orellana province. The exploratory and evaluative methodology requires monitoring for 4 weeks, at the watersheds from “3 de Noviembre” slope as well as the chlorination in the storage tank whose samples were taken to the laboratory LABSU, establishment belonging to Padre Miguel Gamboa, located in Coca city, Orellana province.

Regarding to the Analytical scope, parameters like pH, turbidity, conductivity, total dissolved solids, color, nitrates, alkalinity, chloride, and total and calcium hardness were measured, while in the instrumental area the parameters to be evaluated were, sulfates, nitrates, iron, lead, residual chlorine and, in the microbiological area the total and fecal coliforms were evaluated.

The materials used were glass bottles, sterile jars, gloves, beakers, Erlenmeyer flasks, pipettes, test tubes, Petri dishes, filtration systems, Bunsen burner, filtration membranes, incubator. The results of the analysis showed that the turbidity, total and fecal coliforms are outside the permissible rates of the INEN 1108:2006 regulations, while the other parameters are in compliance with INEN regulations.

The optimal dosage of chlorine was carried out in the laboratory resulting in a value of 1.5ppm, with this concentration and a contact time of 30 minutes, it is possible that the amount of total and fecal coliforms become in 99.9% removable.

In this scientific research work it is concluded that “Manual of Operations and maintenance” should be draw up in order to carry out the work required to maintain good results in the plant.

It is also recommended that the President of the Administrative Board of Water Supply Enokanqui; implements the alternatives proposed in this research.

**Key words:** <water> <coliform> <dosage> <Manual> <monitoring> <optimization> <system> <turbidity>

## **INTRODUCCIÓN**

La optimización del Sistema de Agua Potable ubicada en la parroquia Enokanqui del cantón Joya de los Sachas, se realiza con la finalidad de mejorar su condición actual, la cual se ve afectada por un sistema simple de potabilización que involucra solo desinfección.

Con la investigación del estado actual de la planta se observan los problemas específicos que son la falta de rejillas, operación de las bombas, desperdicio de otras fuentes y una desinfección deficiente.

Realizada la caracterización del agua cruda y tratada se propone las alternativas de mejora en las etapas definidas e implementación de otras operaciones necesarias para la optimización de la planta.

Para determinar los parámetros del agua se tomaron muestras simples que se las debe trasladar en condiciones de refrigeración para evitar alteraciones de las características físico-químicas y biológicas; la técnica utilizada para el muestreo es la cadena de custodia indicada en el STANDARD METHODS.

Las alternativas constarían de la implementación de rejillas, desarenador, unidades de filtración y una desinfección adecuada.

Tomando en cuenta las alternativas propuestas se podrá garantizar un suministro adecuado de agua para los usuarios cumpliendo con la norma INEN 1108:2006 Agua Potable-Requisitos.



## **ANTECEDENTES**

En el año 2005 el señor Víctor Encalada presidente de la Junta Administradora de Agua Potable gestionó la construcción de la planta y a través de la Organización Internacional del Medio Ambiente quien proporcionó los recursos para que se construya en el año 2006.

La planta está ubicada en la parroquia Enokanqui, Cantón Joya de los Sachas, dentro de la provincia de Orellana, en el kilómetro 6.65 vía Sacha – Lago Agrio. La población rural de Enokanqui es de 2362 habitantes, en su poder cuenta con cinco plantas de agua potable.

El estudio se enfoca a la planta N° 01, la cual beneficia a 130 familias que conforman la parte central de la parroquia.

Los usuarios tienen derecho a consumir agua de calidad y cantidad adecuada, pero desafortunadamente el estado actual de la planta genera molestias en los consumidores debido a la suspensión y que en ocasiones el agua se encuentra turbia. La falta de un adecuado mantenimiento y control de la planta, ha llevado a que la misma se encuentre colapsada, y que ninguna de sus unidades operen con normalidad o cumplan con los fines para los que fueron diseñadas.

La Junta Administradora de Agua Potable debe asegurarse que se lleven a cabo todas las acciones necesarias por medio del operador para brindar un servicio eficiente.

## JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo investigativo y experimental concernientes a la “Optimización del Sistema de Agua Potable ubicada en la Parroquia Enokanqui” tiene como finalidad garantizar procesos que ayuden de la mejor manera posible a disponer el agua de calidad y ante la necesidad de que la población pueda contar con el suministro adecuado de agua.

Debido a que la planta en ocasiones tiene inconvenientes al realizar sus operaciones, se requiere necesariamente hacer una investigación del estado actual de la planta, esto se realizara gracias a la ayuda del señor encargado de la misma.

La mejor manera de optimizar un planta de agua potable es basándose en los objetivos de la misma, es decir que se debe llevar a cada uno de los usuarios una cantidad de agua que se considere y además que cumpla con las normas de potabilización.

Tomando en cuenta estas consideraciones el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Enokanqui, conjuntamente con la Junta de Agua Potable apoya y facilita los estudios que garanticen la puesta en marcha del Sistema de Agua Potable *a través del diagnóstico del estado actual y poder establecer los posibles cambios y mejoras en la planta de tratamiento de agua.*

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Optimizar el Sistema de Agua Potable ubicada en la Parroquia Enokanqui del Cantón Joya de los Sachas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Efectuar un diagnóstico del estado actual del sistema.
- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua desde su captación hasta el agua tratada para su posterior consumo.
- Realizar la dosificación adecuada de cloro para la planta.
- Proponer alternativas de mejora para el estudio de optimización
- Elaborar un manual de operación y de mantenimiento para la planta de agua potable, que sirva de base para la Junta y su posterior ejecución del mismo.

# **CAPITULO I**

## **1 MARCO TEÓRICO**

### **1.1 AGUA POTABLE**

El agua potable es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, es apta para los usuarios sin producir efectos adversos a su salud.

Para purificar el agua, se emplean una amplia variedad de tecnologías como desbaste simple o filtración gruesa, los filtros de arena y la desinfección, hasta procesos químicos y mecánicos de gran complejidad. Estas etapas no son infalibles, es decir que si fallan los usuarios quedan vulnerables a ciertos riesgos químicos y biológicos.

La aceptación o aprobación consiste en una apropiada protección y mantenimiento del agua en el origen (captación), la capacitación de las personas que trabajan en los servicios de suministro del agua, los procedimientos adecuados de seguimiento y también la evaluación de la calidad y de la actuación del trabajo de laboratorio.

(SPELLMAN, F. Manual del agua potable. Pp. 11)

## **1.2 CALIDAD DEL AGUA**

La aspiración como ingenieros y usuarios es contar con un suministro de agua suficiente, limpio, seguro, es decir, en cantidad suficiente y de calidad adecuada.

El estudio de la calidad del agua se fundamenta en la investigación de las características físico-químicas de la fuente ya sea subterránea, superficial o de precipitación pluvial.

Para verificar si el agua es o no apta para el consumo humano, debe satisfacer determinados requisitos de potabilidad, denominadas normas de calidad del agua.

(RODRIGUEZ P. Abastecimiento de agua. Pp.12)

### **1.2.1 PARÁMETROS FÍSICOS**

Por lo general son características detectables con los sentidos, lo cual implica que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, es decir, en su buena presentación. Los parámetros físicos son: turbidez, color, olor, sabor, temperatura, sólidos y conductividad.

#### **1.2.1.1 TURBIDEZ**

Es causada por partículas pequeñas (arcilla, limo, plancton, microorganismos) suspendidas en el agua. La turbidez es fuente alimenticia para los microorganismos, por este motivo impide la acción de cloro y otros desinfectantes. Existe interferencia en el ensayo de coliformes.

#### **1.2.1.2 COLOR**

Indica apariencia desagradable y posible presencia de sustancias orgánicas disueltas o de partículas coloidales con cargas negativas.

El hierro, manganeso, los taninos, las sustancias húmicas y las algas son causas comunes del color.

#### **1.2.1.3 OLOR Y SABOR**

Ambos sirven para evaluar la calidad y aceptabilidad del agua por parte de los usuarios, en los procesos de una planta y encontrar posibles fuentes contaminantes.

#### **1.2.1.4 TEMPERATURA**

La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio.

En estudios de polución de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario.

#### **1.2.1.5 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS**

Aguas con concentraciones muy altas tienen efectos laxantes y no mitigan la sed, su valor está asociado con el sabor, la corrosividad, la dureza e incrustaciones en las tuberías de conducción del agua.

#### **1.2.1.6 CONDUCTIVIDAD**

Determina la capacidad de un cuerpo para conducir la corriente eléctrica. Con su valor se puede medir indirectamente sólidos disueltos en soluciones diluidas.

Como en aguas el valor de la conductividad es muy pequeño, se expresa en micro siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

## **1.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS**

### **1.2.2.1 ALCALINIDAD**

Tiene importancia en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua. En aguas naturales la alcalinidad se debe principalmente a la disolución de rocas calizas.

Su elevado valor produce efectos destructivos en las tuberías de acueducto, como el fenómeno de incrustación, lo que además disminuye la capacidad de transporte de las tuberías.

### **1.2.2.2 DUREZA**

El control de dureza se debe a la necesidad económica de reducir el consumo de jabón y evitar precipitados en artefactos de calentamiento del agua.

### **1.2.2.3 pH**

El pH del agua destinada a consumo humano se halla generalmente en valores comprendidos entre 7,2 – 7,8. Las aguas con valores de pH inferiores o iguales a 7,0 generalmente favorecen los procesos de corrosión mientras que las aguas con valores de pH superiores a 8,0 generalmente favorecen las incrustaciones calcáreas.

### **1.2.2.4 NITRITOS**

Formado por acción bacterial sobre el nitrógeno orgánico y el amoniacal. Es muy poco común en aguas por su facilidad de oxidación en nitrato. En dosis altas es perjudicial por sus efectos como: vasodilatador cardiovascular y probables carcinógenos.

#### **1.2.2.5 NITRATOS**

La concentración en agua potable se limita a 10mg/L-N. En aguas superficiales su contenido es bajo debido a su consumo por las plantas fotosintéticas.

Se admite concentraciones en trazas, pero en la actualidad ningún valor es permisible debido a su nocividad.

#### **1.2.2.6 SULFATOS**

De efecto laxante, son causante de diarrea y deshidratación en concentraciones de 600 a 1000mg/L. Su presencia se debe a la lluvia ácida y polución con aguas residuales.

Un alto contenido de sulfatos tienden a formar incrustaciones en las calderas y los intercambiadores de calor.

#### **1.2.2.7 CLORUROS**

Son compuestos solubles de cloro que incrementan el contenido de sólidos disueltos en el agua y las incrustaciones en las tuberías, además de indicar contaminación con aguas residuales. Imparten sabores a concentraciones mayores de 400mg/L.

#### **1.2.2.8 HIERRO**

En aguas superficiales las concentraciones de hierro son menores de 1mg/L y en aguas subterráneas es de 10mg/L. Las aguas con hierro al ser expuestas al aire, se hacen turbias e inaceptables por acción del oxígeno, así como la oxidación del hierro en  $Fe^{+++}$ , los cuales forman precipitados coloides.



### **1.2.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS**

El agua presenta sustancias nutritivas para el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

Los análisis bacteriológicos en el agua buscan determinar el nivel de bacterias coliformes.

#### **1.2.3.1 COLIFORMES TOTALES**

Expresan la presencia de organismos del grupo coliforme y otras bacterias no fecales que se hallan en el medio ambiente y que pueden multiplicarse en el agua potable. Su valor no deberá ser mayor a 5 (NMP/100 ml) en todos los casos.

#### **1.2.3.2 COLIFORMES FECALES**

Se denomina *coliformes termotolerantes* por lo que están relacionados con la contaminación fecal. No se multiplican en los ambientes acuáticos.

Demuestra la presencia de *Escherichia coli*, el valor debe ser igual a 5 (NMP/100 ml) en todos los casos.

### **1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

Es aquella que tiene un conjunto de estructuras para tratar el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Tales operaciones pueden ser de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables del agua.

El sistema de agua potable consta de las siguientes partes:

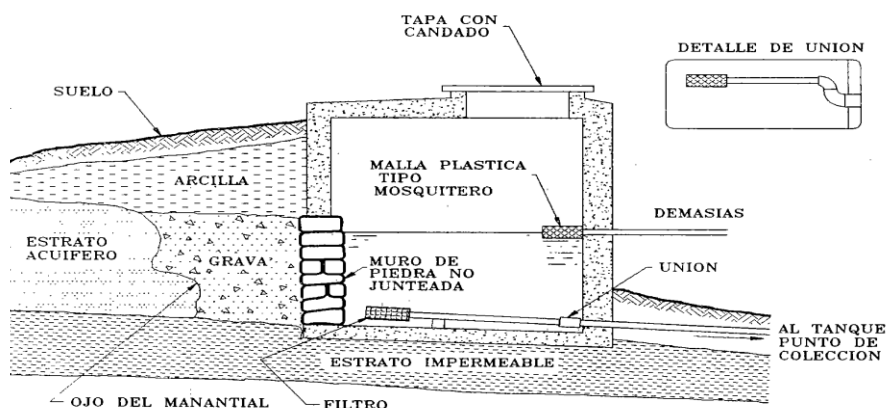
- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Planta de tratamiento de agua.
- Bombeo
- Reservorio.
- Red de distribución.

### 1.3.1 CAPTACIÓN

El agua de manantial generalmente es potable, pero puede contaminarse si aflora en un estanque o al fluir sobre el terreno. Por esta razón el manantial debe protegerse con mampostería de tabique o piedra.

Para proteger el manantial debe excavar la ladera donde el agua sale y construirse un tanque o “caja de manantial”, como se muestra en la (Fig. 1)

**Figura 1 Caja de manantial**



FUENTE: RODRÍGUEZ, Pedro. Abastecimiento de agua

### 1.3.2 LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Sistema de estructuras y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, hacia los tanques de almacenamiento, planta de tratamiento y distribución.

- ✓ **A gravedad:** permite el transporte del agua utilizando la energía hidráulica.
- ✓ **Por bombeo:** con flujo a presión en la cual la energía necesaria para la circulación del agua es provista por una bomba.

### 1.3.3 TRATAMIENTO

Son un conjunto de estructuras que sirven para someter al agua a diferentes procesos, con el fin de purificarla y hacerla apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando bacterias, sustancias venenosas, turbidez, olor, sabor, etc.

Por lo general en las plantas de tratamiento de agua potable, el agua se somete a las siguientes operaciones:

**Figura 2 Planta para un suministro pequeño de agua**



FUENTE: ROMERO, J. Potabilización del agua. 1999

### 1.3.3.1 AIREACIÓN

Proceso para que el agua este en contacto con el aire y modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella.

Las funciones más importantes son:

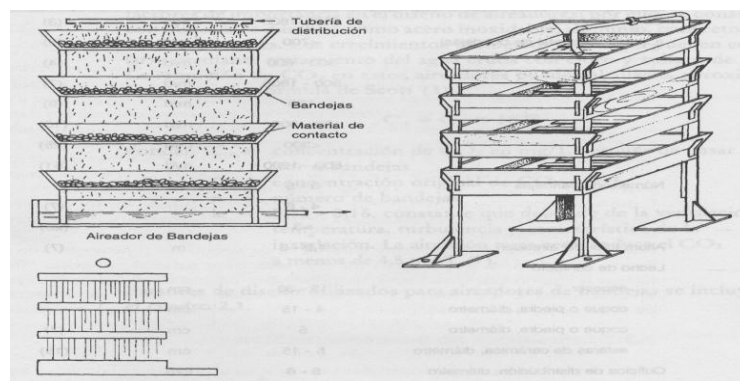
- ↗ Transferir oxígeno al agua para aumentar el OD
- ↗ Disminuir la concentración de  $\text{CO}_2$
- ↗ Disminuir la concentración de  $\text{H}_2\text{S}$
- ↗ Remover gases como metano, cloro y amoníaco
- ↗ Oxidar hierro y manganeso
- ↗ Remover compuestos orgánicos volátiles
- ↗ Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores.

#### 1.3.3.1.1 Aireadores de Bandejas Múltiples

Consiste en una serie de bandejas equipadas con ranuras, fondos perforados o mallas de alambre, sobre las cuales se distribuye el agua y se deja caer a un tanque receptor en la base.

Generalmente se usan de 3 a 9 bandejas; el espaciamiento entre bandejas es de 30 a 75cm.

**Figura 3 Aireadores típicos de bandejas**



FUENTE: ROMERO, J. Potabilización del Agua. 1999

### 1.3.3.2 DESARENADOR

Sirve para separar y remover el material sólido que lleva el agua desde una obra de toma. En el caso de tener aguas muy limpias se evita su utilización.

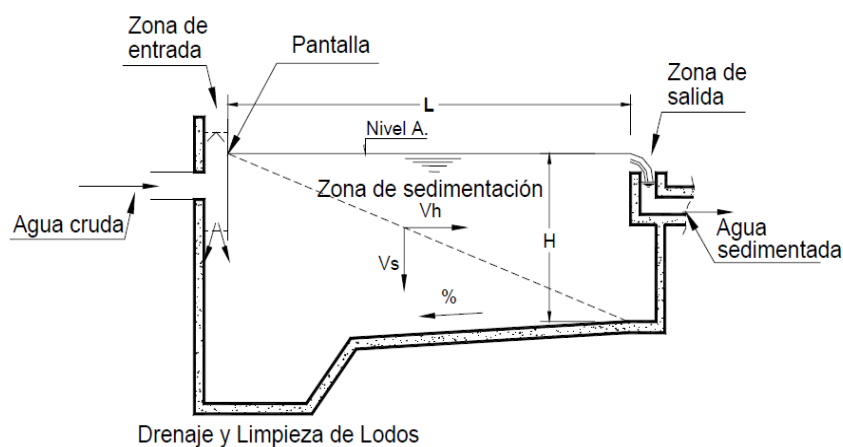
Tiene los siguientes objetivos:

- Evitar la obstrucción de la conducción y preservar los equipos hidromecánicos de la acción abrasiva de los sedimentos gruesos contenidos en el agua.
- Obtener un abastecimiento ininterrumpido del agua, según las necesidades de los usuarios.

El desarenador tiene los siguientes elementos:

- a) Estructura de entrada.
- b) Cámara desarenadora
- c) Paredes de distribución, para uniformizar las velocidades de flujo del agua en toda la sección de la cámara.
- d) Estructura de salida.

**Figura 4 Estructura del desarenador**



**FUENTE:** Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones Menores a 10000 Habitantes. 2005.

### 1.3.3.3 Filtración

La filtración consiste en hacer pasar el agua por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas.

Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje.

Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales;
- La reducción de las bacterias presentes;
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:

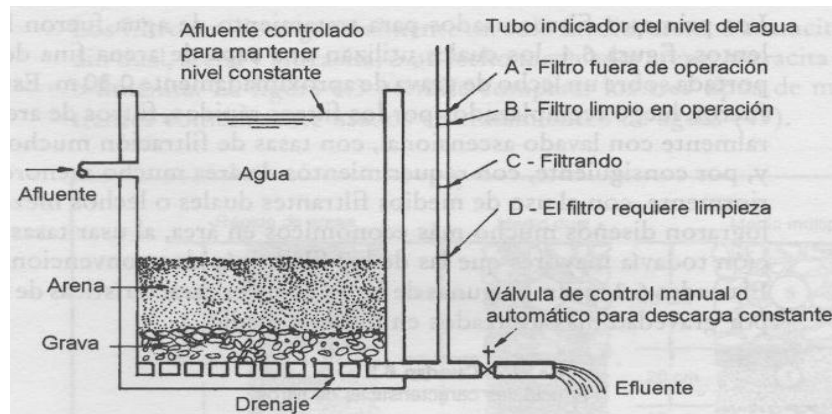
- La acción mecánica de filtrar;
- La sedimentación de partículas sobre granos de arena;
- La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas;
- La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se reproducen allí. (CEPIS, Operación y Mantenimiento de tratamiento de agua)

#### 1.3.3.3.1 Filtros lentos

Se utilizan para la remoción de concentraciones poco elevadas de color y turbidez (color + turbidez = 50 ppm) sin ayuda de la coagulación.

Están conformados por una caja de mampostería o concreto en el fondo de la cual existe un sistema de drenaje cubierto por piedras y sobre este hay arena (más fina y menos uniforme que la de los filtros rápidos).

**Figura 5 Filtro lento**



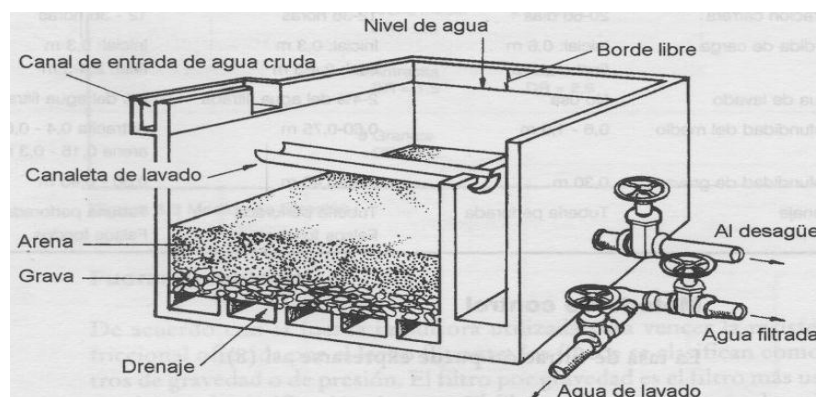
FUENTE: ROMERO, J. Potabilización del Agua. 1999

#### 1.3.3.3.2 Filtros rápidos

Los filtros rápidos de gravedad se utilizan en las plantas de tratamiento para la filtración de grandes volúmenes de agua previamente coagulada.

Están conformados por una caja de concreto en el fondo de la cual hay un sistema de canalización central y canales laterales cubiertos por varias capas y diámetros de grava que sostienen la capa de arena gruesa y la de arena preparada.

**Figura 6 Filtro rápido**



FUENTE: ROMERO, J. Potabilización del Agua. 1999

#### **1.3.3.4 Desinfección**

Constituye una barrera eficaz para la destrucción de patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.

#### **Cloración**

El cloro se ha usado principalmente como desinfectante para el control de microorganismos en aguas de consumo, aguas residuales, piscinas, lodos, etc.

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- Cloro gaseoso
- Cal clorada
- Hipoclorito de sodio
- Hipoclorito de calcio

Para suministrar gas cloro, se lo realiza mediante un clorador que extrae el gas del cilindro y se añade al agua en forma dosificada.

De otra forma la solución de hipoclorito sódico se lo hace mediante una bomba dosificadora eléctrica o mediante un sistema de suministro por gravedad.

En cambio para el hipoclorito cálcico debe disolverse en una porción de agua y luego mezclarse con el caudal principal.



**Tabla N° 1 Propiedades de los productos de cloro**

Nombre y formula	Nombre comercial o común	Aspecto	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
<i>Cal clorada</i> $\text{CaO} \cdot 2\text{CaCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Cal clorada, Polvo blanqueador, hipoclorito de calcio, cloruro de cal	Polvo blanco seco	15 a 35%	Media. Se deteriora rápidamente cuando se expone a temperatura alta, humedad y/o luz solar. Pérdida de 1% al mes.	Corrosivo	Latas de 1.5 kg Tambores de 45 - 135 kg Bolsas plásticas o de papel de 25 - 40 kg, otros.
<i>Hipoclorito de sodio</i> $\text{NaClO}$	Hipoclorito de sodio, blanqueador líquido, lejía, agua lavandina, agua sanitaria	Solución líquida amarillenta	1 a 15% como máximo. Concentraciones mayores a 10% son inestables.	Baja. Pérdida de 2- 4% por mes; mayor si la temperatura excede los 30°C	Corrosivo	Diversos tamaños de botellas de plástico y vidrio, y garrafones
	Hipoclorito de sodio por electrólisis <i>in situ</i>	Solución líquida amarillenta	0.1 – 0.6 %	Baja	Oxidante	Volumen variable
<i>Hipoclorito de calcio</i> $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: 20 – 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65 –70%	Buena. Pérdida de 2- 2.5% por año	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Latas de 1.5 kg, tambores 45 - 135 kg, baldes de plástico

Fuente: ORGANIZACIÓN UNIDIAL DE LA SALUD. Guía para la Selección de Sistema de Desinfección. 2006

### 1.3.4 BOMBEO

Es la parte del abastecimiento constituida por el conjunto de bombas, motores y elementos afines, así como por el conjunto de transformadores y elementos accesorios y complementarios.

### 1.3.5 RESERVORIO

Estructura que sirve para almacenar el agua en periodo de lluvias y así utilizarla en épocas de sequías. Además sirven para proteger el agua de contaminaciones y proporcionan una decantación natural previa al tratamiento.

El material depositado en el fondo de la represa (partículas de tierra y piedra), al no estar propenso a la intensa descomposición orgánica o incluso, con su descomposición

controlada, puede obstruir el reservorio y disminuir rápidamente la capacidad de almacenamiento del agua. (CEPIS, Operación y Mantenimiento de plantas de Tratamiento de Agua. Pp. 248)

### **1.3.6 DISTRIBUCIÓN**

Conjunto de tuberías y piezas especiales destinadas a conducir el agua hasta los puntos de captación de las instalaciones domiciliarias. Las tuberías distribuyen agua en movimiento y se extienden formando una red.

En el sistema de abastecimiento de agua, la red es uno de los componentes menos cuidados, puesto que está formada por conductos totalmente enterrados.

## **1.4 NORMATIVA UTILIZADA**

### **1.4.1 NORMAS INEN 1108:2006 (AGUA POTABLE-REQUISITOS)**

Son normas que indican los límites aceptables que debe cumplir el agua potable para ser apta para el consumo humano. Es aplicable a los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

## **1.5 OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

Optimizar.- Es encontrar el mínimo o el máximo de una función respecto a ciertas restricciones. Sin duda, alcanzar el mínimo o máximo es obtener la "*mejor*" solución entre otras soluciones factibles.

Si queremos ***aumentar la calidad*** de un producto involucra la inversión de tecnología y personas (costos aumentan), pero a la vez podemos reducir los tiempos de producción y en el peor caso aumentarlos lo cual depende de otros factores tales como:

- Correcta elección de la tecnología
- Capacitación periódica al personal de operación y mantenimiento
- Estrategias de gestión (gestión del cambio y del conocimiento)

En la optimización de un proceso nos interesa determinar las condiciones de operación que permiten lograr objetivos tales como:

- ✓ Mejorar la calidad
- ✓ Incrementar eficacia
- ✓ Acortar tiempos (producción y entrega)
- ✓ Minimizar el costo de operación
- ✓ Minimizar la cantidad de energía
- ✓ Maximizar la utilidad
- ✓ Minimizar el desperdicio

### **1.5.1 CAUDAL DE DISEÑO**

#### **1.5.1.1 POBLACIÓN DE DISEÑO**

El proyectista adoptará el criterio más adecuado para determinar la población futura, tomando en cuenta para ello datos censales y proyecciones u otra fuente que refleje el crecimiento poblacional, los que serán debidamente sustentados.

La población futura se obtiene de la siguiente formula:

$$P_f = P_a(1 + r)^n$$

### Ecuación 1

En donde:

$P_f$ = Población futura

$P_a$ = Población actual

$r$ = Tasa de crecimiento (%)

$n$ = Tiempo en años

#### 1.5.1.2 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD

Para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema, según se muestra en la tabla:

**Tabla N° 2 Nivel de complejidad del sistema**

NIVEL	POBLACIÓN DE DISEÑO
<b>Bajo</b>	<2500
<b>Medio</b>	2501 a 12500
<b>Medio Alto</b>	12501 a 60000
<b>Alto</b>	>60000

FUENTE: RAS 2000. Título C, Sistemas de Potabilización.. 2000.

#### 1.5.1.3 DOTACIÓN NETA

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

**Tabla N° 3 Dotación neta según el nivel de complejidad**

Nivel	Dotación neta mínima (L/hab*día)	Dotación neta máxima (L/hab*día)
<b>Bajo</b>	100	150
<b>Medio</b>	120	170
<b>Medio Alto</b>	130	--
<b>Alto</b>	150	--

FUENTE: RAS 2000. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. 2000

#### 1.5.1.4 DOTACIÓN BRUTA

Es la cantidad máxima de agua que se requiere para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, considerando las pérdidas que puedan darse en el sistema de acueducto.

La dotación bruta se establece mediante la siguiente fórmula:

$$D_{Bruta} = \frac{D_{Neta}}{(1 - \%p)}$$

**Ecuación 2**

En donde:

$D_{Bruta}$ = Dotación Bruta

$D_{Neta}$ = Dotación Neta

$\%p$ = Porcentaje de pérdidas

El porcentaje de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta se obtiene de la siguiente tabla:

**Tabla N° 4 Pérdidas Técnicas**

Nivel de complejidad	% de pérdidas técnicas
Bajo	40
Medio	30
Medio Alto	25
Alto	20

**FUENTE:** RAS 2000. Sistemas de acueducto. 2010

#### **1.5.1.5 CAUDAL MEDIO DIARIO (Qmd)**

Es el caudal medio calculado para la población proyectada con sus ajustes teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{P_f \times D_{Bruta}}{86400}$$

**Ecuación 3**

En donde:

Qmd= Caudal medio diario (L/s)

P<sub>f</sub>= Población Futura (habitantes)

D<sub>Bruta</sub>= Dotación Bruta (L/hab\*día)

86400= segundos/día

### 1.5.1.6 CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario,  $k_1$ .

$$QMd = k_1 \times Qmd$$

**Ecuación 4**

En donde:

QMd= Caudal máximo diario

$k_1$ = Coeficiente de consumo máximo diario

Qmd= Caudal medio diario

El coeficiente de consumo máximo diario  $k_1$ , depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5 Valores de  $k_1$**

Nivel	Coeficiente de consumo máximo diario
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio Alto	1,2
Alto	1,2

**FUENTE:** RAS 2000. "Sistemas de acueducto. 2010

### 1.5.1.7 CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMh)

Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio.

Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, según la siguiente ecuación:

$$QMh = k_1 \times QMd$$

**Ecuación 5**

En donde:

QMh= Caudal Máximo horario

QMd= Caudal Máximo diario

k<sub>1</sub>= Coeficiente de consumo horario

### 1.5.2 SISTEMA DE REJILLAS

Están constituidas de barras paralelas o de una lámina perforada. Su finalidad es impedir el paso de material grueso hacia el sistema de conducción. Pueden encontrarse dispuestas transversalmente o paralelamente a la dirección de la corriente.

La separación depende del tamaño de sólidos a separar, siendo usual 25 mm, entre los bordes de las barras componentes de la reja.

**Tabla N° 6 Medidas típicas del canal de rejillas**

Acho del canal (cm)	40; 50; 60; 80; 100; 125; 160; 180; 200; 225; 250
Separación entre barras (cm)	2; 3; 4; 5; 6; 8; 10

FUENTE: VALDEZ, C. Ingeniería de los sistemas de tratamiento. 2003



Las rejas de limpieza manual tienen inclinación de 30° a 60° con respecto al plano horizontal. Las barras de las rejas, comúnmente rectas, pueden tener una separación grande, de 5 a 10cm, o pequeña, de 1 a 4 cm.

La acumulación excesiva de material retenido es inconveniente porque ocasiona que las partículas de menor tamaño que la separación entre barras no puedan pasar a través de ellas.

El flujo en el canal debe ser laminar, con una velocidad de al menos 0.5 m/s para detener los materiales que se procura, dejando pasar las partículas pequeñas. Sin embargo, durante la época de lluvia la velocidad se incrementa; en estas condiciones se recomienda que la velocidad máxima sea de 2.0 m/s.

#### 1.5.2.1 Consideraciones de diseño

En un sistema de tratamiento de agua potable el pre tratamiento sirve para remover los sólidos grandes y remover los sólidos inorgánicos. Es recomendable utilizar rejillas con la finalidad de remover sólidos arenosos y gruesos.

**Tabla N° 7 Diseño de rejillas de limpieza manual**

PARAMETRO	ABREVIATURA	UNIDAD	LIMPIEZA MANUAL
Tamaño de la barra (Espesor)	s	mm	5 – 20
Espaciamiento entre barras	e	mm	20 – 50
Inclinación con la horizontal	$\theta$	Grado	30 - 60
Material de construcción		-----	Acero inoxidable
Forma de la barra			Rectangular

FUENTE: VALDEZ, C. Ingeniería de los sistemas de tratamiento. 2003

### 1.5.2.2 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE LAS REJILLAS

- a) Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja

$$v_a = \frac{Q}{A}$$

**Ecuación 6**

En donde:

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A= Área (m<sup>2</sup>)

El área se determina tomando en cuenta las medidas en el canal de captación:

X= Ancho del canal

Y= Altura de la lámina del agua

- b) Cálculo de la suma de las separaciones entre barras

$$b = \left( \frac{b_g}{e} - 1 \right) (s + e) + e$$

**Ecuación 7**

En donde:

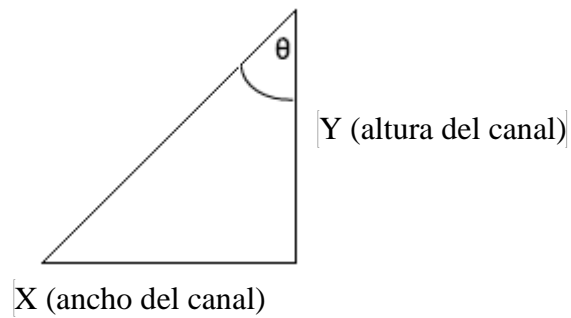
b= Ancho del canal

b<sub>g</sub>= Suma de las separaciones entre barras (mm)

e= Separación entre barras (mm)

s= Espesor de las barras (mm)

c) Cálculo de la longitud de la rejilla



$$L = \frac{\text{ancho del canal}}{\text{sen } \theta}$$

**Ecuación 8**

d) Cálculo del Área Libre al paso de agua

$$A_L = L \times b_g$$

**Ecuación 9**

e) Cálculo del número de barras

$$2n + (n - 1)e = b$$

**Ecuación 10**

En donde:

b= ancho del canal (cm)

e= separación entre barras (cm)

f) Pérdida de carga en las rejillas

Puede efectuarse por medio de la fórmula siguiente, propuesta por Kirschmer:

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{4/3} \times \frac{v^2}{2g} \times \text{sen} \theta$$

**Ecuación 11**

En donde:

h= Pérdida de carga (m)

S= Espesor de las barras (m)

e= Separación entre las barras (m)

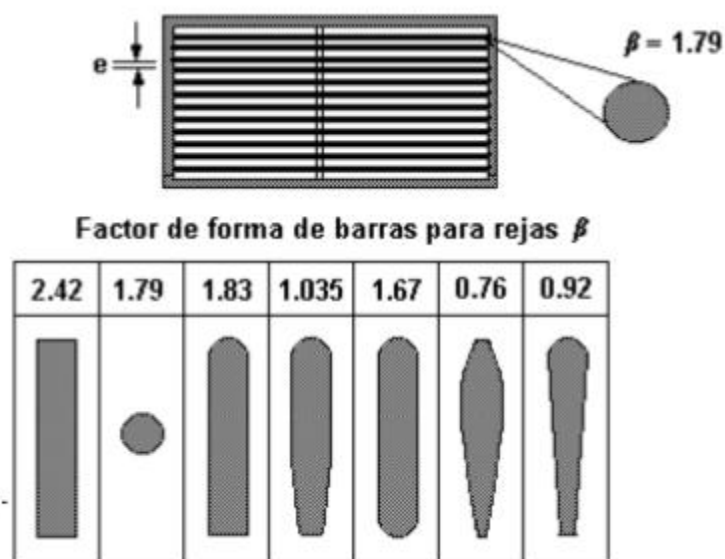
$v^2/2g$ = Carga de velocidad antes de la reja (m)

$\theta$ = Ángulo de inclinación de las barras

$\beta$  = factor dependiente de la forma de las barras (2,42)

El factor ( $\beta$ ), se puede obtener de la Fig. 8 para distintas secciones de barras.

**Figura 7 Factores de forma  $\beta$**



**FUENTE:** VALDEZ, C. Sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. 2003

### 1.5.3 DESARENADOR

Es aquella estructura que sirve para retener el material grueso y en especial la arena que arrastra el agua. El desarenador retendrá más arena en la época lluviosa que en la seca, por eso su limpieza debe ser más frecuente en época de lluvias.

En la práctica se pueden tomar como base los valores de carga superficial de la siguiente tabla:

**Tabla N° 8 Cargas Superficiales según HAZEN**

<b>Diámetro de partícula (mm)</b>	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,10
<b>Velocidad de sedimentación (mm/s)</b>	100	83	63	53	42	32	21	15	8

FUENTE: HAZEN, 1980

#### 1.5.3.1 VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (Vs)

Para calcular la velocidad de sedimentación se usará la fórmula de Stokes (en régimen laminar):

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{18\mu} \times D^2$$

**Ecuación 12**

En donde:

Vs= Velocidad de sedimentación

g= Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

D= Diámetro de las partículas (mm)

ρ<sub>s</sub>= Densidad de las partículas (kg/m<sup>3</sup>)

ρ<sub>w</sub>= Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)

μ= Viscosidad dinámica del líquido (kg/ms)

### 1.5.3.2 VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN CRÍTICA ( $V_{SC}$ )

Corresponde a una valor promedio entre la velocidad de sedimentación y la velocidad respecto al diámetro de la partícula.

$$V_{SC} = \frac{V_s + V_{sp}}{2}$$

**Ecuación 13**

En donde:

$V_{SC}$ = Velocidad e sedimentación crítica

$V_s$ = Velocidad de sedimentación

$V_{sp}$ = Velocidad de sedimentación de la partícula

### 1.5.3.3 TIEMPO DE CAÍDA

Para una profundidad (H) del Desarenador, una partícula sedimentará con una velocidad de caída constante  $V_{SC}$  y alcanzará el fondo al cabo de un tiempo  $t_c$ .

$$t_c = \frac{H}{V_{SC}}$$

**Ecuación 14**

En donde:

$t_c$ = Tiempo de caída (s)

H= Profundidad del desarenador (m)

$V_{SC}$ = Velocidad de sedimentación crítica (m/s)

### 1.5.3.4 TIEMPO DE RETENCIÓN ( $t_r$ )

Usando los valores de la relación a/T del Anexo B, para depósitos con muy buenos deflectores y con una remoción del 87.5 %, tenemos:

$$t_r = \frac{a}{T} * t_c$$

**Ecuación 15**

En donde:

$t_r$ = Tiempo de retención

### **1.5.3.5 VOLUMEN DEL DESARENADOR**

$$V = Q_{captación} * t_r$$

**Ecuación 16**

En donde:

Q= Caudal

$t_r$ = Tiempo de retención

### **1.5.3.6 SUPERFICIE DEL DESARENADOR**

$$A = \frac{V}{H}$$

**Ecuación 17**

En donde:

A= Área del desarenador

V= Volumen

H= Profundidad del desarenador

### **1.5.3.7 LARGO Y ANCHO DEL DESARENADOR**

Las dimensiones recomendadas de diseño son las siguientes

#### *1.5.3.7.1 Relación largo/profundidad*

Se debe tomar valores entre 3 m– 25 m

#### *1.5.3.7.2 Relación Largo/Ancho*

Se debe tomar valores entre 2.25 m – 5 m

$$A = L * B$$

**Ecuación 18**

En donde:

A= Superficie del desarenador

L= Largo del desarenador

B= Ancho del desarenador

### **1.5.3.8 VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO HORIZONTAL**

$$V_h = \frac{Q_{captación}}{B * H}$$

**Ecuación 19**

### **1.5.3.9 VELOCIDAD DE ARRASTRE**

Para este caso debe cumplir con la condición  $V_a > V_h$ :

$$V_a = \sqrt{40 * (\rho_s - \rho_w) * g * \frac{d}{(3\rho_w)}}$$

**Ecuación 20**



### 1.5.3.10 DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA DEFLECTORA

La pantalla deflectora se debe diseñar de forma que la velocidad de paso a través de los orificios no exceda los 0,02 m/s. Los orificios pueden ser cuadrados, rectangulares o circulares.

#### 1.5.3.10.1 Área efectiva

El área de flujo de la pantalla deflectora se determina con el caudal y la velocidad máxima de paso a través de los orificios:

$$A_e = \frac{Q_{captación}}{V_o}$$

**Ecuación 21**

En donde:

$A_e$ = Área efectiva

$Q$ = Caudal de captación

$V_o$ = Velocidad a través de los orificios

#### 1.5.3.10.2 Área de cada orificio

Los orificios para la pantalla deflectora son circulares con un diámetro de 5 cm.

$$A_o = \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

**Ecuación 22**

En donde:

$A_o$ = Área del orificio (m<sup>2</sup>)

$D_o$ = Diámetro del orificio (m)

#### 1.5.3.10.3 Número de orificios

$$N_o = \frac{A_e}{A_o}$$

**Ecuación 23**

En donde:

$N_o$  = Número de orificios

$A_e$  = Área efectiva

$A_o$  = Área de cada orificio

#### 1.5.4 FILTRO LENTO DE ARENA

Consiste en pasar por medio de un lecho poroso (grava y arena) y así mejorar la calidad del agua por reducción del número de bacterias, materias en suspensión y en estado coloidal.

Durante su operación se forma una película delgada, constituida por una gran variedad de microorganismos, biológicamente activos que descomponen la materia orgánica, mientras gran parte de la materia inorgánica en suspensión queda retenida.

**Tabla N° 9 Criterios para diseñar un filtro lento para zonas rurales**

CRITERIOS DE DISEÑO	Recomendación
	CINARA IRC 1997
Período de diseño	8-12 años
Periodo de operación	24 h/día
Velocidad de filtración	<12 m/día
Altura del lecho filtrante	0,8-0,9 m
Inicial	

Mínima	0,5-0,6 m
Diámetro efectivo	0,15-0,30
Coeficiente de uniformidad	
Aceptable	<4
Deseable	>2
Altura de drenaje incluyendo capa de grava	0,3-0,5 m
Altura del agua sobrenadante (m)	0,8-1,0 m
Borde libre (m)	0,1
Área superficial máxima por módulo (m <sup>2</sup> )	<100

**Fuente:** CINARA Filtración Lenta en Arena

#### **1.5.4.1 NÚMERO DE FILTROS**

##### *1.5.4.1.1 Criterio de caudal*

Se aconsejan dos filtros si el caudal es mayor a 100 m<sup>3</sup>/día hasta los 300 m<sup>3</sup>/día; y un filtro cuando el caudal es menor a 100 m<sup>3</sup>/día.

##### *1.5.4.1.2 Criterio de población*

Se recomienda dos filtros para poblaciones menores a 2000 habitantes y un filtro para una población menor a 1000 habitantes.

#### **1.5.4.2 ÁREA DE SUPERFICIAL**

$$A_s = \frac{Q}{V_f}$$

**Ecuación 24**

En donde:

$A_s$ = Área superficial ( $m^2$ )

$Q_f$ = Caudal a filtrarse ( $m^3/h$ )

$V_f$ = Velocidad de filtración ( $m/h$ )

#### **1.5.4.3 DETERMINACIÓN DEL ÁREA PARA CADA UNIDAD**

$$A_f = \frac{A_s}{n}$$

**Ecuación 25**

En donde:

$A$ = Área total de unidad ( $m^2$ )

$n$ = Número de filtros

#### **1.5.4.4 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL FILTRO:**

Consiste en compartimientos de forma cilíndrica (base circular), la cual se adoptará en el presente diseño:

$$D_f = \sqrt{\frac{4 \times A_f}{\pi}}$$

**Ecuación 26**

En donde:

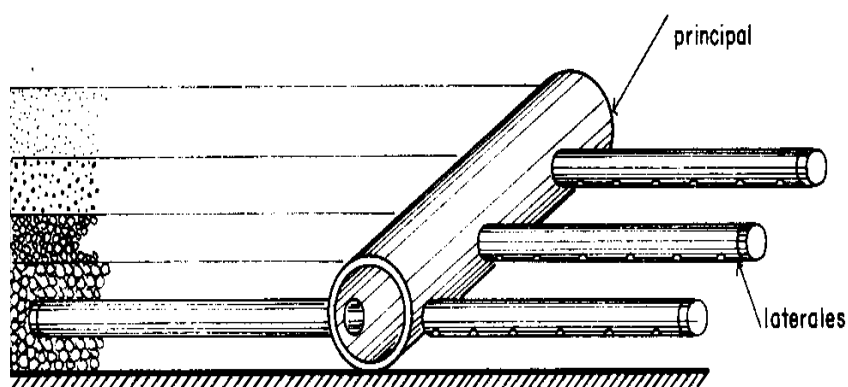
$D_f$ = Diámetro del filtro ( $m$ )

$A_f$ = Área de cada filtro ( $m^2$ )

#### 1.5.4.5 SISTEMA DE DRENAJE

Se usarán tuberías perforadas en el sentido perpendicular al eje longitudinal del filtro.

**Figura 8 Sistema de Tuberías Perforadas**



FUENTE: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/027757/027757-12a.pdf>

Los sistemas que utilizan tuberías perforadas deben ser diseñados cuidadosamente de acuerdo a las especificaciones de la siguiente tabla:

**Tabla N° 10 Parámetro de diseño para drenajes por tuberías**

PARÁMETRO	VALOR
<u>Área total de orificios</u> Área Filtrante	$(1,5 - 5) \cdot 10^{-3}$
<u>Área laterales</u> Área de orificios servida	2 a 4
<u>Área múltiple</u> Área laterales servida	1,5 a 3

FUENTE: ROMERO J. Potabilización del agua

**Tabla N° 11 Parámetros de Diseños para Drenajes con Tubos Perforados**

CRITERIO DE DISEÑO	VALORES
Velocidad máxima en los tubos laterales	0,3 m/s
Velocidad máxima en el colector	0,3 m/s
Separación de laterales	1 - 2m
Separación de orificios en tubos laterales	0,1-0,3 m
Diámetro de cada orificio	6,5 -19 mm
Altura de la capa de grava en el drenaje*	0,15 m
Diámetro de la grava en el drenaje	25-50 mm

**Fuente:** CEPIS. Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Agua en países en desarrollo. 2002

#### 1.5.4.5.1 Caudal filtrado

$$Q_f = A_f \times V_f$$

**Ecuación 27**

En donde:

$Q_f$ = Caudal de filtrado ( $m^3/h$ )

$A_f$ = Área de filtración ( $m^2$ )

$V_f$ = velocidad de filtración (m/h)

#### 1.5.4.5.2 Área de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi \times D_o^{0,5}}{4}$$

**Ecuación 28**

En donde:

$A_o$ = Área de cada orificio ( $m^2$ )

$D_o$ = Diámetro de cada orificio (m)

#### 1.5.4.5.3 Caudal en cada orificio

$$Q_o = A_o \times v_o$$

**Ecuación 29**

En donde:

$Q_o$ = Caudal que ingresa en cada orificio ( $m^3/s$ )

$A_o$ = Área de cada orificio ( $m^2$ )

$v_o$ = Velocidad en cada orificio ( $m/s$ )

#### 1.5.4.5.4 Número de laterales

$$N^o_{Laterales} = n \frac{D_f}{d_L}$$

**Ecuación 30**

En donde:

$N^o_{Laterales}$ = Número de Laterales

$n$ = Número de laterales por lado (2)

$D_f$ = Diámetro del filtro

$d_L$ = Separación de laterales (1m)

#### 1.5.4.5.5 Número de orificios

$$N^o_{orificios} = \frac{\text{caudal filtrado}}{\text{caudal de cada orificio}}$$

**Ecuación 31**

#### 1.5.4.5.6 *Lateral principal*

→ Caudal que ingresa al lateral de mayor número de orificios

$$qL = N^{\circ} \text{orificios} \times Q_o'$$

**Ecuación 32**

En donde:

qL= Caudal que ingresa al lateral (m<sup>3</sup>/s)

N° orificios= Número de orificios en el lateral

Q<sub>0</sub>= Caudal que ingresa en cada orificio (m<sup>3</sup>/s)

→ Área del lateral

$$Al = \frac{qL}{Vl}$$

**Ecuación 33**

→ Diámetro interno del lateral

$$D_i \cdot l = \sqrt{\frac{4 * Al}{\pi}}$$

**Ecuación 34**

En donde:

D<sub>i</sub>.l= Diámetro interno lateral (m)

Al= Área del lateral (m<sup>2</sup>)

#### 1.5.4.5.7 *Diámetro del colector principal*

$$A_c = \frac{Q_f}{V_c}$$

**Ecuación 35**



En donde:

$A_C$ = Área del colector principal ( $m^2$ )

$Q_f$ = Caudal de filtración ( $m^3/s$ )

$V_C$ = Velocidad del colector principal (m)

→ **Diámetro interior del colector principal**

$$D_{i.cp} = \sqrt{\frac{4 \times A_C}{\pi}}$$

**Ecuación 36**

En donde:

$D_{i.cp}$ = Diámetro interno del colector principal (m)

$A_C$ = Área del colector principal ( $m^2$ )

1.5.4.5.8 *Espesores de capa del material filtrante del filtro*

**Tabla N° 12 Especificaciones para Lechos Filtrantes de Filtros Lentos**

<b>ARENA</b>	
Tamaño efectivo	0.15 a 0.35 mm
Coefficiente de uniformidad	1.5 a 3
Grado de dureza	7 (escala de Mohs)
Espesor de la capa	1.0 a 1.4 m
<b>CARBÓN ACTIVADO GRANULAR</b>	
Espesor de la capa de carbón	0.15 m
Tamaño efectivo	0.5 a 0.65 mm

GRAVA	
Tamaño de la grava	4 a 5.6 mm
Espesor de la capa	0.10 m

Fuente: CPE INEN 5. Parte 9-1:1992

#### 1.5.4.5.9 Cálculo de la tubería de entrada al filtro

##### → Cálculo del número de orificios

$$A = \frac{Q_f}{Cd \times \sqrt{2 \times g \times h}}$$

**Ecuación 37**

En donde:

A= Área total de orificios (m<sup>2</sup>)

Cd= Coeficiente para orificios (0,60)

Qf= Caudal de entrada a cada filtro (m<sup>3</sup>/s)

h= Pérdida de carga (m)

g= Aceleración de la gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>

##### → Diámetro de la tubería de entrada

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

**Ecuación 38**

En donde:

Dint= Diámetro interno (m)

A= Área total de orificios (m<sup>2</sup>)

→ **Número de orificios de la tubería de entrada**

$$N^{\circ} orif = \frac{A}{A_o}$$

**Ecuación 39**

En donde:

N° orif= Número de orificios

A= Área total de orificios (m<sup>2</sup>)

A<sub>o</sub>= Área de cada orificio (m<sup>2</sup>)

→ **Longitud de la tubería de entrada**

$$Le = N^{\circ} orif \times 0,1 \times 0,1$$

**Ecuación 40**

En donde:

Le= Longitud de la tubería de entrada (m)

N° orif= Número de orificios

El lecho que se recomienda para los filtros lentos de arena, se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla N° 13 Lecho recomendado para Filtros Lentos de Arena**

Capa de grava	Espesor	0,12m
	Tamaño efectivo	14mm
Capa de arena gruesa	Espesor	0,05m
	Tamaño efectivo	1,2
Capa de arena de filtro	Espesor	0,8m
	Tamaño efectivo	0,22mm

FUENTE: CINARA IRC 1998

## 1.5.5 CLORACIÓN

### 1.5.5.1 PREPARACION DE LA SOLUCION DE CLORO

El producto utilizado es el hipoclorito de calcio, en estado sólido granulado, el cual no debe ser almacenado en lugares donde se guardan alimentos, cerca de equipos pues produce la oxidación de sus partes metálicas y no estar expuesto a la luz solar porque produce su descomposición y pierde el poder desinfectante.

### 1.5.5.2 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE SOLUCIÓN

Según la cartilla proporcionada por la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental SSA, se recomienda que la preparación de la solución se realice en un recipiente con un volumen aproximado de 1 galón, y no directamente en el tanque de mezclado.

**Tabla N° 14 Método estimado para Hipoclorito de Calcio**

CAUDAL	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70%	
L/s	Gramos	Libras y onzas
1	123,4	4 Oz
2	246,8	8,8 Oz
3	370,2	13 Oz
4	494,7	1 lb + 1 Oz
5	617,1	1 lb + 6 Oz
6	740,5	1 lb + 10 Oz
7	864,0	1 lb + 14 Oz
8	987,4	2 lb + 3 Oz
9	1 110,8	2 lb + 7 Oz
10	1 234,0	2 lb + 11 Oz

FUENTE: SSA. Cartilla para operadores de Sistemas de Agua Potable Rural. 2006

Encontrada la cantidad necesaria de hipoclorito, con un recipiente de volumen conocido se agrega agua y se remueve la solución hasta que los gránulos hayan desaparecido completamente, una vez terminado este proceso se vacía el contenido en el tanque de mezclado.

Otra manera de determinar la cantidad de cloro requerida por día se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$P_{HTH} = Q \times C$$

**Ecuación 41**

En donde:

$P_{HTH}$  = peso de Hipoclorito de calcio (lb/día)

$Q$  = caudal (L/s)

$C$  = Concentración (mg/L)

### 1.5.5.3 DOSIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

El caudal de dosificación se determina en función del tanque de mezcla con el que cuenta la comunidad para nuestro caso es de 270 L que se deberá consumir en 1 día:

$$Q_{dosis} = \frac{V}{1 \text{ día}}$$

**Ecuación 42**

En donde:

$Q_{dosis}$  = caudal de dosificación (L/ min)

$V$  = Volumen (L)

### **1.5.6 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Toda planta de tratamiento tiene la obligación de elaborar un manual de operación que sea práctico y de fácil funcionamiento. Todo el personal que opere en la planta debe tener acceso a este manual para que conozca el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

En cada uno de los procedimientos debe detallarse operaciones y actividades que deben realizar el personal de la planta con la finalidad de generar un agua de resultados confiables y de excelente calidad para la población.

Este manual debe contener como mínimo lo siguiente:

- Introducción
- Descripción operativa para cada uno de sus componentes.
- Entrada del agua.
- Medición de caudal afluente.
- Dosificación de productos químicos (coagulantes, alcalinizantes y desinfectantes).
- Sedimentación.
- Filtración.

## **CAPÍTULO II**

### **2 PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 MUESTREO**

Las muestras de agua tienen que ser representativas para el objetivo del trabajo. La selección y preparación de envases es de suma importancia para garantizar resultados confiables en el análisis. Durante el muestreo se debe etiquetar el envase, en el cual se registraran la fecha, hora, lugar y temperatura del agua.

##### **2.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La planta de tratamiento de agua potable está ubicada en la parroquia Enokanqui del cantón Joya de los Sachas, vía a la comunidad 3 de Noviembre.

##### **2.1.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información se registrara en cuadros diferentes para cada punto de muestreo con la finalidad de realizar un método de análisis comparativo y así determinar las condiciones en las que se encuentra el agua de consumo.

### 2.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

**Tabla N° 15 Plan de muestreo**

LUGAR DE MUESTREO	MUESTRAS POR DÍA	DÍAS DE MUESTREO	TOTAL DE MUESTRAS SEMANAL	TOTAL DE MUESTRAS AL MES
<b>Agua captada</b>	1	3	3	12
<b>Agua tratada</b>	1	3	3	

Fuente: CHANALUISA, A. 2014

Durante el muestreo se contó con la colaboración del encargado de la planta y el Técnico del laboratorio LABSU, los cuales constataron la toma de datos y las mediciones correspondientes.

## 2.2 METODOLOGÍA

### 2.2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo se realizó mediante una investigación exploratoria y evaluativa, es decir que se hizo una inspección a todos los sistemas que conforman la planta de agua potable y así establecer las condiciones en las que se encuentra la misma. Se trabajó con dos muestras diarias una de agua captada y otra de agua tratada, dichas muestras se recogieron en botellas ámbar y envases estériles para luego trasladarlas al Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas LABSU.

Las muestras pasan por recepción para recibir un número de informe y se registran todos los parámetros solicitados por el cliente.



Para nuestra investigación se realizó el análisis físico - químico y microbiológico de las muestras de agua.

Por ultimo en la etapa evaluativa mediante el diagnóstico de los aspectos antes mencionados se propusieron alternativas basadas en las causas que afectan la calidad del agua de consumo.

### **2.2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN**

Para la recolección de las muestras LABSU proporciona dos recipientes: una botella de vidrio ámbar (1L) para los análisis físico químicos, y otro recipiente estéril de plástico para el análisis microbiológico.

Se rotulan los envases en los diferentes puntos que se desea realizar los análisis para evitar confusiones.

Una vez recolectada la muestra se debe anotar la hora y medir la temperatura, luego se procede a ubicarlas en un cooler para su posterior traslado al Laboratorio donde se realizan las pruebas correspondientes.

### **2.2.3 TRATAMIENTO DE MUESTRAS**

Se trabajó con dos muestras diarias a las que se le realizó la caracterización físico-química del agua, la cual consiste en los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos, hierro, plomo, turbidez, dureza total, alcalinidad, dureza cálcica, color real. Además el análisis microbiológico para la determinación de coliformes totales y fecales.

## 2.2.4 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

Tabla N° 16 Equipos, materiales y reactivos

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
Multiparamétrico HACH	Soporte universal con pinzas	Solución de EDTA
pH-metro	Erlenmeyer	Agua destilada
Espectrofotómetro de	Pipetas volumétricas	Naranja de metilo
Absorción Atómica	Peras	Hidróxido de sodio
Conductímetro	Vaso de precipitación	Murexida
Balanza analítica	Balones aforados de 100 y 50 ml	Nitra Ver 5
Sistema de filtración	Buretas de 25 ml	DPD
Mechero Bunsen	Cajas Petri 60*15 mm	Ácido nítrico
Estufa de incubación	Pinza metálica	Cloruro de bario
Nevera	Puntas desechables de 1 y 5 ml	Dicromato de potasio
Contador de colonias	Filtros de membrana estériles	Nitrato de plata
		Solución Buffer
		Ácido sulfúrico
		Medio de cultivo m-FC
		Medio de cultivo m-
		Endo
		Alcohol etílico

FUENTE: CHANALUISA, A. 2014

## 2.2.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 2.2.5.1 MÉTODOS

Los análisis empleados en la investigación se realizarán mediante espectrofotometría UV visible para sulfatos, nitritos, nitratos y hierro; espectrofotometría de absorción atómica para metales pesados; volumetría para acidez, cloruros, calcio, alcalinidad, dureza; nefelometría para turbiedad.

Los métodos empleados se los realiza en referencia al manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales).

**Tabla N° 17 Descripción del método de análisis**

<b>Objetivo de análisis:</b> Caracterización físico-química		
<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Recolección de muestras		Recoger las muestras de agua (captada y tratada) en un volumen de 1000ml
Ph	Electrométrico	Usar el pH-Metro que posee un electrodo de vidrio
Conductividad eléctrica	Electrométrico	Medir con el conductímetro multi-paramétrico
Sólidos Totales disueltos	Electrométrico	Utilizar el conductímetro con electrodo de vidrio
Cloruros	Volumétrico	25ml de muestra + 1ml de $K_2Cr_2O_7$ , titular con $AgNO_3$ de amarillo a ladrillo.
Sulfatos	Espectrofotométrico	25ml de muestra + 1 ml de reactivo acondicionador, agitar y añadir $BaCl_2$ Correr el programa $SO_4^{2-}$ validación

Nitritos	Espectrofotométrico	10ml de muestra + 0,4ml de reactivo de color Lectura de N-NO <sub>2</sub> validación
Nitratos	Espectrofotométrico	10ml de muestra + 1 sobre de Nitraver 5 Medir en el espectrofotómetro
Hierro total	Espectrofotométrico	Colocar soluciones estándares, muestra y agua destilada Aspirar por absorción atómica
Plomo	Espectrofotométrico	10 ml del estándar madre en un balón de 100 ml y aforar con 0,5 M HNO <sub>3</sub> .
Turbiedad	Nefelométrico	Mediante el turbidímetro HACH
Dureza total	Volumétrico	25ml de muestra + 1ml de buffer + 4 gotas de NET Titular con EDTA
Alcalinidad	Volumétrico	25ml de muestra + 4 gotas de anaranjado de metilo Titular con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Dureza cálcica	Volumétrico	25ml de muestra + 1ml de NaOH + 4 gotas de Murexida Titular con EDTA
Color real	Espectrofotométrico	Colocar 25 ml del blanco y muestra Lectura en unidades Pt-Co

<b>Objetivo de análisis:</b> Microbiológico		
<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Coliformes totales	Sembrado	Esterilizar el equipo y utilizar las cajas Petri para incubar durante 24 horas
Coliformes fecales		

FUENTE: CHANALUISA, A. 2014

### 2.2.5.2 TÉCNICAS

**Tabla N° 18 Determinación del pH**

Fundamentos	Equipos y reactivos	Procedimiento
<p>Concentración de iones hidronio presentes en el agua.</p> <p>El pH-metro consta de un electrodo combinado y compensación de temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH- Metro</li> <li>• Piceta</li> <li>• Vaso de precipitación</li> </ul>	<p>a) Calibrar el equipo con el estándar de 7,00 y damos enter en <b>CAL</b></p> <p>b) Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo.</p> <p>c) Luego calibrarlo con el estándar 4,00</p> <p>d) Lavar el electrodo y secar</p> <p>e) Someter el electrodo a la muestra y esperar hasta que la lectura se estabilice.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tampones estándares (pH 4 y pH 7)</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<p>f) Cuando existen más muestras hay que enjuagar el electrodo con a./d. y quitar la gota de agua en la punta del electrodo con papel absorbente.</p> <p>g) Anotar la lectura directa</p>

Fuente: NORMA INEN 973

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 19 Determinación de la Conductividad**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Los iones con sus cargas eléctricas pueden conducir la corriente eléctrica.</p> <p>La conductividad, por lo tanto, depende principalmente de la concentración de iones disociados, sus cargas eléctricas y la temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductímetro multi-paramétrico.</li> <li>• Piceta</li> <li>• Papel absorbente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el equipo</li> <li>• Seleccionar el parámetro a medir con la opción <i>MODE</i>, que puede ser CE, STD, temperatura, entre otras.</li> <li>• Calibrar el equipo introduciendo el electrodo en la solución estándar de KCl de 1413 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>• Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con papel absorbente</li> <li>• Realizar lo mismo con la solución estándar de 12,88 <math>\text{mS}/\text{cm}</math>.</li> <li>• Proceder a medir el blanco y registrar el valor.</li> <li>• Introducir el electrodo en la muestra esperar que la lectura se estabilice y reportar el dato</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciones estándares de 12,88 <math>\text{mS}/\text{cm}</math> y 1413 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	

Fuente: LABSU/STANDARD METHODS

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 20 Determinación de Solidos Totales Disueltos**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>El término sólido hace referencia a la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso.</p> <p>En la determinación se mide el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductímetro multi-paramétrico</li> <li>• Piceta</li> <li>• Papel absorbente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el equipo</li> <li>• Seleccionar el parámetro a medir con la opción <i>MODE</i>, que puede ser CE, STD, temperatura, entre otras.</li> <li>• Calibrar el equipo introduciendo el electrodo en la solución estándar de KCl de 1413 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>• Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con papel absorbente</li> <li>• Realizar lo mismo con la solución estándar de 12,88 <math>\text{mS}/\text{cm}</math>.</li> <li>• Proceder a medir el blanco y registrar el valor.</li> <li>• Introducir el electrodo en la muestra esperar que la lectura se estabilice y reportar el dato</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciones estándares de 12,88 <math>\text{mS}/\text{cm}</math> y 1413 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	

Fuente: LABSU/STANDARD METHODS

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014.

**Tabla N° 21 Determinación de Cloruros**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de cloruros mediante análisis volumétrico con <math>\text{AgNO}_3</math>.</p> <p>El indicador es el ion cromato, que pone en manifiesto el punto final por dar lugar a la formación de cromato de plata de color ladrillo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlenmeyer de 250ml</li> <li>• Bureta de 25ml</li> <li>• Soporte universal y pinza de bureta</li> <li>• Pipeta de 25ml</li> <li>• Pera</li> <li>• Pipeta automática</li> <li>• Piceta</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Estándar de NaCl</li> <li>• Nitrato de plata 0,01N</li> <li>• Indicador Dicromato de potasio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocar en tres Erlenmeyer diferentes 25ml del blanco (a/d), la solución estándar y la muestra de análisis.</li> <li>✓ Agregar a cada uno 1ml de indicador Dicromato de potasio <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math></li> <li>✓ Titular el blanco, el estándar y la muestra de agua, con una solución de nitrato de plata <math>\text{AgNO}_3</math></li> <li>✓ Cambio de color de amarillo a rojizo</li> <li>✓ Registrar el volumen consumido del titulante</li> </ul> <p>Dígitos consumidos <math>\cdot 0.5 \cdot \text{volumen de muestra}</math></p>

Fuente: STANDARD METHODS 2550 edición 17

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014



**Tabla N° 22 Determinación de Sulfatos**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de sulfatos mediante el método turbidimétrico por espectrofotometría</p> <p>Los sulfatos forman un precipitado en la reacción con bario. El sulfato de bario formado en la muestra se mantiene en suspensión mediante un reactivo acondicionador</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Espectrofotómetro de UV-visible</li> <li>▪ Agitador magnético</li> <li>▪ Espátula</li> <li>▪ Vasos plásticos</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estándar de sulfato de 20ppm</li> <li>▪ Agua destilada</li> <li>▪ Reactivo acondicionador</li> <li>▪ Cloruro de bario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar en vasos de plástico diferentes: 25ml del blanco (a/d), 25ml de la solución estándar de sulfatos y 25ml de la muestra de agua.</li> <li>• Añadir a cada uno de los anteriores 1,25ml de reactivo acondicionador (300 ml de agua destilada, 30 ml de HCl concentrado, 100 ml de etanol, 75 g NaCl, 50 ml de glicerol).</li> <li>• Agregar a cada vaso cloruro de bario (BaCl<sub>2</sub>).</li> <li>• Encender el espectrofotómetro de UV-visible.</li> <li>• Iniciar el programa VISION LITE y escoger el método para determinación de sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>) validación (λ=420 nm).</li> <li>• Iniciar la medición de forma ordenada, absorbiendo cada una de las muestras</li> <li>• Imprimir los resultados obtenidos en [SO<sub>4</sub><sup>=</sup> en mg/L]</li> </ul>

Fuente: LABSU/ HACH Método 8051

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 23 Determinación de Nitritos**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de nitritos mediante reacción colorimétrica y medición en espectrofotómetro UV-Visible</p> <p>Determinación fotométrica de un complejo azo purpúrea rojizo, formado en la reacción de nitritos con sulfanilamida y N-etilendiamina diclorhidrato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro</li> <li>• Pipeta automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar en vasos diferentes 10ml del blanco, 10 ml de la solución estándar y 10ml de la muestra de agua.</li> <li>• Añadir 0,4 ml del reactivo de color (2,5g de sulfanilamida, 25 ml de <math>H_3PO_4</math>, 0,25g de diclorhidrato de N-etilendiamina)</li> <li>• Esperar 15 min mientras se da la reacción color violeta-púrpura indica la presencia de nitritos</li> <li>• El blanco permanecerá transparente y la solución estándar presentara un tono violáceo intenso</li> <li>• Determinación de <math>[NO_2^-]</math> mediante la validación 3-1mqa.</li> <li>• Leemos la <math>[NO_2^-]</math></li> <li>• Imprimir el resultado y reportar</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Estándar de trabajo nitrito de 0,30ppm</li> <li>• Reactivo de color</li> </ul>	

Fuente: LABSU/ HACH DR-4000V

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 24 Determinación de Nitratos**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de nitratos mediante reacción colorimétrica y medición en espectrofotómetro HACH</p> <p>Los nitratos se presentan en diferentes concentraciones en aguas superficiales y subterráneas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro HACH</li> <li>• Piceta</li> <li>• Pipeta automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el equipo HACH</li> <li>• Escoger para la determinación de nitratos.</li> <li>• Colocar el blanco (agua destilada) en una de las celdas a 10ml y en otra colocar la muestra de agua.</li> <li>• Añadir a cada uno <i>Nitra Ver 5</i></li> <li>• Iniciar el temporizador para la agitación durante 1 minuto.</li> <li>• Iniciar nuevamente el temporizador para 5 minutos mientras se da la reacción esperada.</li> <li>• Introducir el blanco en el equipo y encerar.</li> <li>• Introducir la muestra y medir la concentración en mg/L <math>\text{NO}_3^-</math> y de N-<math>\text{NO}_3</math></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Nitra Ver 5</li> </ul>	

Fuente: LABSU/ HACH DR-4000V

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 25    Determinación de Hierro total**

<b>Fundamentos</b>	<b>Materiales y Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>
<p>Determinación de hierro mediante espectrometría de Absorción Atómica</p> <p>Este método utiliza el fenómeno por el cual los átomos libres excitados son capaces de absorber radiación proveniente de una fuente externa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro de Absorción Atómica</li> <li>• Lámpara de Cátodo Hueco de Hierro</li> <li>• Agitador Magnético.</li> <li>• Agitadores de Teflón.</li> <li>• Cabina Extractora de Gases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la muestra en vasos de precipitación</li> <li>• Encender el EAA y abrir el programa</li> <li>• Iniciar la medición de forma ordenada, absorbiendo cada una de las muestras,</li> <li>• Imprimir los resultados obtenidos</li> </ul>
	<p>Estándar de Hierro de 1000 ppm</p> <p>Ácido Nítrico (Concentrado al 65%).</p> <p>Agua Destilada – Acidulada.</p>	

**Fuente:** LABSU/ HACH Método 8008

**Realizado por:** CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 26 Determinación de la Turbidez**

Fundamentos	Equipos y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de la turbidez en muestras de agua mediante medición en el turbidímetro HACH 2100Q.</p> <p>La formacina no se comercializa, hay que preparar la en el laboratorio.</p> <p>La turbidez del agua es causada por sustancias no disueltas que se encuentran dispersados en el agua.</p>	<p>Turbidímetro</p> <p>Pipeta automática</p> <p>Celdas para muestras</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrar el equipo con los estándares de trabajo</li> <li>• Agitar la muestra vigorosamente y llenar la cubeta del fotómetro</li> <li>• Determinar la turbidez (longitud de onda <math>\lambda=860</math> nm)</li> </ul>
	<p>Agua destilada</p> <p>Estándar de 10 NTU</p> <p>Estándar de 20 NTU</p>	

**Fuente:** NORMA INEN 971

**Realizado por:** CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 27 Determinación de la Dureza Total**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de la dureza total mediante titulación.</p> <p>Las aguas contienen sales de calcio y magnesio que están disueltos en forma de carbonatos y que por calentamiento pueden formar bicarbonatos que son la causa de las incrustaciones en los sistemas de transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureta de 25ml</li> <li>• Soporte universal y pinza de bureta</li> <li>• Pipeta de 25ml</li> <li>• Pera</li> <li>• Pipeta automática</li> <li>• Piceta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar en tres EM diferentes 25 ml del blanco (a.d.), 10ml de estándar de <math>\text{CaCO}_3</math> y 25ml de muestra.</li> <li>• Agregar a cada uno 1ml de tampón (1,179 g EDTA y 780 mg <math>\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}</math> aforados con a.d. a 50ml).</li> <li>• 4 gotas de indicador NET</li> <li>• Agitar y titular con EDTA</li> <li>• Anotar el volumen consumido de EDTA</li> </ul> $\text{DT} = (A * B * 1000) / C$ <p>A= ml de EDTA de muestra</p> <p>B= ml de EDTA para el estándar de <math>\text{CaCO}_3</math></p> <p>C= volumen de la muestra (ml)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Estándar de <math>\text{CaCO}_3</math></li> <li>• Indicador de negro de eriocromo-T</li> <li>• solución titulante EDTA</li> </ul>	

Fuente: LABSU/ HACH Método 8204

**Tabla N° 28 Determinación de la Alcalinidad Total**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación por titulación con ácido sulfúrico.</p> <p>Es la capacidad del agua de reaccionar con iones <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>.</p> <p>Su determinación es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua.</p>	<div> <p>▪ Probeta de 100ml</p> <p>▪ Piceta</p> <p>▪ Vaso de precipitación 250ml</p> </div> <div> <p>▪ Muestra problema</p> <p>▪ Verde de bromocresol</p> <p>▪ Ácido sulfúrico 0.1 M</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 10ml de muestra en una probeta.</li> <li>• Aforar hasta 100ml</li> <li>• Pasar al erlenmeyer</li> <li>• Adicionar indicador verde de bromocresol</li> <li>• Titular con <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math></li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Alcalinidad</b> = <math>(A \cdot f \cdot 1000) / C</math></p> <p>A= ml gastados de ácido</p> <p>f= 0.1 M</p> <p>C= volumen de la muestra (ml)</p>

**Fuente:** LABSU/ HACH Método 8203

**Realizado por:** CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 29 Determinación de la Dureza Cálrica**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Determinación de la dureza cálcica mediante titulación.</p> <p>Se cuantifica solo la dureza por efecto del ión Calcio</p> <p>Se utiliza un indicador que solo combine con el calcio, este indicador se conoce como MUREXIDA o purpurato de amonio <math>C_8H_4O_6N_5(NH_4)</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureta de 25ml</li> <li>• Soporte universal y pinza de bureta</li> <li>• Pipeta de 25ml</li> <li>• Pera</li> <li>• Pipeta automática</li> <li>• Piceta</li> <li>• Erlenmeyer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 10 ml de muestra en un EM</li> <li>• Agregar 2ml de NaOH.</li> <li>• 4 gotas de indicador Murexida</li> <li>• Agitar y titular con EDTA</li> <li>• Anotar el volumen consumido de EDTA</li> </ul> $Ca = (A * B * 40,01 * 1000) / C$ <p>A= ml consumidos EDTA en la muestra</p> <p>B= ml de EDTA para el blanco</p> <p>C= volumen de la muestra (ml)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Estándar de <math>CaCO_3</math></li> <li>• Indicador de Murexida</li> <li>• Titulante EDTA</li> </ul>	

Fuente: LABSU

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014



**Tabla N° 30 Determinación del Color**

Fundamentos	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>Se puede determinar el color verdadero filtrando o centrifugando las sustancias en suspensión.</p> <p>Si se desea el color aparente, éste se determina midiendo una muestra de agua sin filtrar.</p> <p>El programa almacenado se utiliza para los dos tipos de color.</p> <p>La unidad de color es la producida por 1mg/l de platino en forma de ion cloroplatinato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de filtración al vacío</li> <li>• Vasos de precipitación</li> <li>• Colorímetro HACH</li> <li>• Celdas de 25 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armar el equipo de filtración (filtro de membrana, soporte del filtro, tubo del filtro y aspirador).</li> <li>• Filtrar por separado 50ml de a/d y 50 ml de muestra</li> <li>• Colocar en celdas de 25ml</li> <li>• Seleccionar el programa 120 a una longitud de onda de 455nm</li> <li>• Calibrar el equipo con los estándares de 500 y 15 unidades Pt-Co</li> <li>• Ubicar el blanco en el colorímetro y presionar <b>cero 0 UNITS PtCo</b></li> <li>• Luego colocar la muestra preparada y presionar <b>READ</b></li> <li>• Anotar la lectura directamente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Estándar de color (500 u Pt-Co)</li> <li>• Estándar de color (15 u Pt-Co)</li> </ul>	

Fuente: HACH /LABSU

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 31 Determinación de la Dosis de Cloro**

<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Reactivos y Sustancias</b>	<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probeta de 100 ml</li> <li>- Balón de aforo de 1000 ml</li> <li>- Frascos estériles</li> <li>- Pipeta automática de 1 ml</li> <li>- Puntas desechables</li> <li>- Guantes</li> <li>- Mascarilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra problema</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Cloro comercial al 70% pureza (granulado)</li> </ul>	<p><b>Preparación de la Solución Madre de Cloro en 1 litro</b></p> <p>→ Preparar la solución, partiendo de una concentración de 1000 mg/L tomando en cuenta la pureza del cloro.</p> <p><b>Fórmula para el cálculo del volumen 1</b></p> $C_1V_1 = C_2V_2$ <p>En donde:</p> <p>C<sub>1</sub>: Concentración de la solución madre (1000 mg/L)</p> <p>V<sub>1</sub>: Volumen de la solución madre que se aplicará a la muestra problema</p> <p>C<sub>2</sub>: Concentración de prueba ( 1-7 ppm)</p> <p>V<sub>2</sub> : Volumen de muestra problema (100 ml)</p> <p>→ Determinar el cloro (mg /l) presente en la muestra y finalmente se determina coliformes totales.</p>

**Fuente:** LABSU

**Realizado por:** CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 32 Determinación del Cloro**

<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Reactivos y Sustancias</b>	<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubos de ensayo.</li> <li>- Pipeta automática (1ml)</li> <li>- Pipeta automática (5ml)</li> <li>- Puntas desechables</li> <li>- Guantes</li> <li>- Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua potable (después del tratamiento)</li> <li>• Tampón (pH 6,4)</li> <li>• DPD</li> <li>• K I (Ioduro de potasio)</li> </ul>	<p>El cloro forma un complejo rosado con DPD (N,N-dietil-1,4-fenilendiamina). La intensidad del color depende de la concentración de cloro en la muestra; por lo tanto, se puede determinar fotométricamente:</p> <p>↪ En los tubos de ensayo colocar 1 ml del tampón y 1 ml de la solución DPD. Y luego colocar 10 ml de muestra. (Para cloro total: poner primero 0,2 g de K I y disolverlo en la muestra.)</p> <p>↪ La lectura en el fotómetro se hace a una longitud de onda de 510nm, y tiene que realizarse dentro de 2 minutos.</p>

**Fuente:** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (Standard Methods)

**Realizado por:** CHANALUISA, A. 2014

## 2.3 DATOS EXPERIMENTALES

### 2.3.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL

Para la medición del caudal que ingresa a la planta se requiere un recipiente de 6L y un cronómetro que ayudara a medir el tiempo que se demora en llenar el recipiente.

La medición del caudal se realiza de dos captaciones: una que ingresa por gravedad y otra que se realiza mediante bombeo.

**Tabla N° 33 Medida del Caudal por bombeo**

	<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal promedio (L/s)</b>
1	6	2,50	2,40	2,37
2	6	2,57	2,33	
3	6	2,55	2,35	
4	6	2,49	2,41	

FUENTE: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 34 Medida del Caudal por Gravedad**

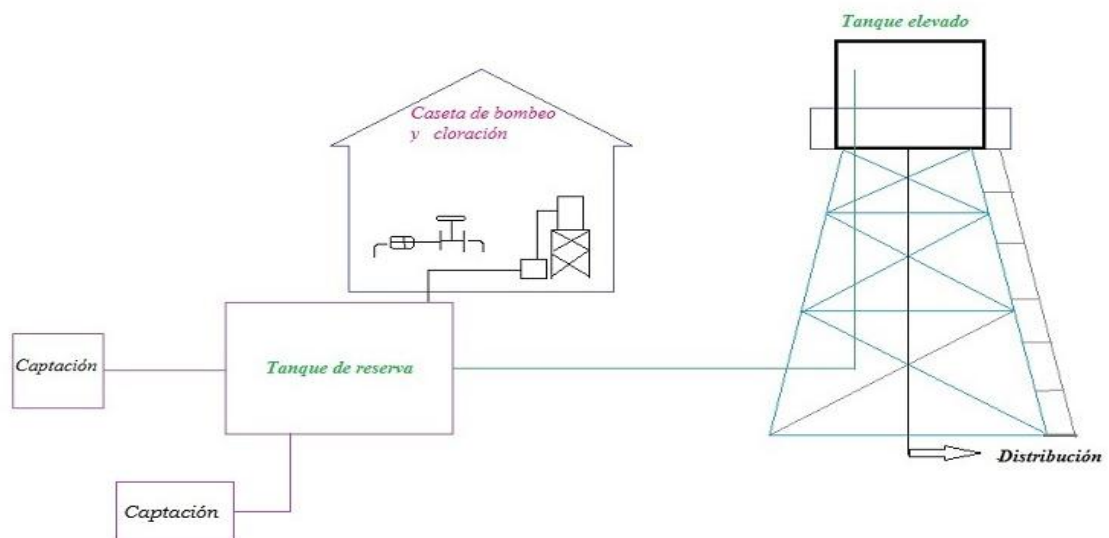
	<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal promedio (L/s)</b>
1	6	5,21	1,15	1,14
2	6	5,28	1,14	
3	6	5,32	1,13	
4	6	5,33	1,13	

Fuente: CHANALUISA, A. 2014

### 2.3.2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

El sistema de tratamiento de la parroquia Enokanqui se abastece actualmente del agua proveniente de las vertientes ubicadas en la vía a la comunidad 3 de Noviembre.

**Figura 9 Sistema de Agua Potable Enokanqui**



**Fuente:** CHANALUISA, A. 2014

Los componentes que conforman el sistema están rodeados de vegetación motivo por el cual el agua está expuesta a riesgo de contaminación alterando las propiedades microbiológicas del agua.

La planta cuenta con dos captaciones de diferentes vertientes, de las cuales una es transportada por gravedad y otra por medio de bombeo hacia los respectivos tanques de almacenamiento mediante tubería de PVC, ambas entradas pasan a un solo tanque de almacenamiento donde el agua se somete al proceso de cloración el cual no es continuo, y su posterior paso es el tanque elevado para la distribución del mismo.

El único tratamiento que se le da al agua al momento de almacenarla es la cloración sin embargo este tratamiento no se lo realiza con frecuencia, el encargado de la planta menciona que lo realiza pasando un día por motivos en que cuando adiciona el cloro los usuarios se quejan que hay un exceso del mismo.

La planta no cuenta con equipo necesario para la determinación de cloro residual y tampoco se realizan los análisis del agua que debe ser de por lo menos una vez al año.

Para determinar el estado actual se realizó el análisis físico-químico y microbiológico del agua. Todos los parámetros se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Aguas, Plantas y Balanceados “LABSU”

### 2.3.2.1 CAPTACIÓN

Existen dos puntos de captación que se obtienen de la formación de las vertientes que nacen alrededor de la planta, que a su vez se encuentran protegidas por una caja de concreto:

**Tabla N° 35 Descripción de las captaciones**

<b>Detalle</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Volumen <math>l \cdot a \cdot h</math></b>	<b>Caudal L/s</b>	<b>Observaciones</b>
Captación 1	2,5m*1,25m*0,6m	1,875 m <sup>3</sup>	2,37	Por bombeo
Captación 2	0,5m*0,5m*0,5m	0,125 m <sup>3</sup>	1,14	Por gravedad
		<b><math>\Sigma Q</math></b>	3,51 L/s	

**Fuente:** CHANALUISA, A. 2014

## **Fotografía 1    Captaciones de concreto**



**FUENTE:** CHANALUISA A. 2014

Según el operador de la planta, no existe un registro continuo que permita evaluar la calidad de agua que ingresa a la planta ya que en época de lluvia aumenta la turbidez y sólidos totales ocasionando la interrupción del sistema debido a estas causas.

### **2.3.2.2    CASETA DE BOMBEO**

En la caseta de bombeo se encuentra la bomba sumergible de 2 HP para la conducción del agua hacia el tanque de reserva y otra de tipo horizontal de 7 ½ HP que se utiliza para enviar el agua tratada hacia el tanque elevado.

Además consta de un tanque de cloración que utiliza solución hipoclorito de calcio al 70%.

### **2.3.2.3    TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

La planta cuenta con tres unidades de almacenamiento. En su interior contiene un flotador de PVC, escaleras para su mantenimiento y una bomba sumergible.

**Tabla N° 36    Detalles de los tanques de almacenamiento**

<b>Tanque</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Volumen <math>l \cdot a \cdot h</math></b>	<b>Observaciones</b>
1	2m*1,5m*2,5m	7,5 m <sup>3</sup>	Por gravedad
2	6m*3m*2,5m	45 m <sup>3</sup>	Por bombeo
3	6m*4m*2,5m	60 m <sup>3</sup>	Almacenamiento de ambas fuentes

**Fuente:** CHANALUISA, A. 2014

**Fotografía 2    Tanques de almacenamiento**



**Fuente:** CHANALUISA, A. 2014

#### **2.3.2.4    CLORACIÓN**

Cuenta con un tanque de cloración de 270 L, en el que se observa residuos del hipoclorito de calcio debido a una incorrecta preparación de la solución.



Actualmente la adición de la solución preparada se la realiza manualmente debido a que no cuentan con una bomba dosificadora.

En la planta se realiza la cloración pasando un día, debido a la poca experiencia para dosificar la cantidad adecuada de cloro que se debe añadir al tanque de reserva bajo.

#### **2.3.2.5 TANQUE ELEVADO**

Desde la planta de tratamiento se conduce el agua tratada hacia el tanque elevado se encuentra a 300 metros de distancia.

La capacidad de almacenamiento del tanque es de 10000 litros o  $10\text{m}^3$ . El tanque elevado se encuentra asentado a una altura de 12 metros, el tanque es redondo de 4 metros de diámetro y su altura de 2,5 metros.

#### **2.3.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE CAPTACIÓN Y AGUA TRATADA.**

El agua de captación fue tomada en las cajas de recepción de la planta, el agua tratada fue tomada en el tanque de almacenamiento.

**Tabla N° 37 Caracterización físico-química del agua cruda (Semana 1)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>30/10/2013</b>	<b>31/10/2013</b>	<b>01/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,37	7,42	7,24	7,34
Conductividad	µS/cm	----	132,7	122,9	130,4	128,67
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	85,2	78,9	83,7	82,6
Cloruros	mg/L	250	2,61	2,22	2,43	2,42
Sulfatos	mg/L	200	4,09	3,91	4,35	4,12
Nitritos	mg/L	0	0,006	0,0056	0,0043	0,0053
Nitratos	mg/L	10	1,8	1,6	2,2	1,87
Hierro total	mg/L	0,3	0,090	0,070	0,090	0,083
Plomo total	mg/L	0,01	0,005	0,008	0,005	0,006
Turbidez	NTU	5	2,18	1,93	2,00	2,04
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	61,50	64,1	64,8	63,47
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,8	6,6	6,8	6,73
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	28,70	28,00	29,5	28,73
Color real	PtCo	15	4	3	4	3,67

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 38 Análisis microbiológico (Semana 1)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>30/10/2013</b>	<b>31/10/2013</b>	<b>01/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	2400	2340	2300
CF	Col/100ml	<2	100	116	100

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 39 Caracterización físico-química del agua tratada (Semana 1)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>30/10/2013</b>	<b>31/10/2013</b>	<b>01/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,63	7,61	7,59	7,61
Conductividad	µS/cm	----	100,7	101,8	100,4	100,97
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	64,5	65,15	64,2	64,62
Cloruros	mg/L	250	2,01	2,22	2,43	2,22
Sulfatos	mg/L	200	3,88	3,91	4,05	3,90
Nitritos	mg/L	0	0,0026	0,003	0,0052	0,0036
Nitratos	mg/L	10	1,2	1,12	1,10	1,14
Hierro total	mg/L	0,3	0,10	0,070	0,090	0,09
Plomo total	mg/L	0,01	0,009	0,008	0,005	0,007
Turbidez	NTU	5	1,0	1,03	0,90	0,98
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	57,40	56,3	54,8	56,17
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,9	6,5	6,8	6,73
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	32,80	32,50	31,20	32,17
Color real	PtCo	15	2	2	2	2

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 40 Análisis microbiológico (Semana 1)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>30/10/2013</b>	<b>31/10/2013</b>	<b>01/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	0	2300	0
CF	Col/100ml	<2	0	100	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 41 Caracterización fisicoquímica del agua cruda (Semana 2)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>04/11/2013</b>	<b>05/11/2013</b>	<b>06/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,14	7,22	7,18	7,18
Conductividad	µS/cm	----	133,8	125,7	132,2	130,57
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	85,9	80,7	84,9	83,83
Cloruros	mg/L	250	2,65	2,45	2,63	2,58
Sulfatos	mg/L	200	4,25	3,98	4,50	4,24
Nitritos	mg/L	0	0,005	0,007	0,006	0,006
Nitratos	mg/L	10	1,70	1,31	1,80	1,60
Hierro total	mg/L	0,3	0,12	0,10	0,15	0,12
Plomo total	mg/L	0,01	0,003	0,005	0,004	0,004
Turbidez	NTU	5	1,84	1,90	2,01	1,92
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	62,30	63,72	64,20	63,41
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,8	6,6	6,8	6,63
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	27,80	27,50	28,25	27,85
Color real	PtCo	15	5	5	5	5

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 42 Análisis microbiológico (Semana 2)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>04/11/2013</b>	<b>05/11/2013</b>	<b>06/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	2600	2500	2400
CF	Col/100ml	<2	150	130	110

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 43 Caracterización fisicoquímica del agua tratada (Semana 2)**

<b>Parametro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Limite permisible</b>	<b>04/11/2013</b>	<b>05/11/2013</b>	<b>06/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,66	7,62	7,60	7,63
Conductividad	µS/cm	----	100,13	122,27	101,0	107,8
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	64,35	78,60	64,9	69,28
Cloruros	mg/L	250	2,26	2,45	2,20	2,30
Sulfatos	mg/L	200	3,85	4,01	3,67	3,84
Nitritos	mg/L	0	0,001	0,004	0,002	0,0023
Nitratos	mg/L	10	1,08	1,14	1,12	1,11
Hierro total	mg/L	0,3	0,15	0,059	0,10	0,10
Plomo total	mg/L	0,01	0,003	0,002	0,005	0,003
Turbidez	NTU	5	1,34	1,70	1,28	1,44
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	56,70	60,22	58,10	58,34
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,1	6,0	6,4	6,2
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	31,03	29,7	32,15	30,96
Color real	PtCo	15	2	3	1	2

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 44 Análisis microbiológico (Semana 2)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Limite permisible</b>	<b>04/11/2013</b>	<b>05/11/2013</b>	<b>06/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	0	2800	0
CF	Col/100ml	<2	0	200	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 45 Caracterización fisicoquímica del agua cruda (Semana 3)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>11/11/2013</b>	<b>12/11/2013</b>	<b>13/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,22	7,30	7,16	7,23
Conductividad	μS/cm	----	132,1	138,7	132,3	134,4
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	84,8	89,1	84,9	82,27
Cloruros	mg/L	250	2,48	2,22	2,15	2,83
Sulfatos	mg/L	200	4,54	4,27	4,19	4,33
Nitritos	mg/L	0	0,008	0,007	0,009	0,008
Nitratos	mg/L	10	2,10	2,01	1,90	2,00
Hierro total	mg/L	0,3	0,08	0,06	0,09	0,077
Plomo total	mg/L	0,01	0,002	0,001	0,001	0,001
Turbidez	NTU	5	2,35	2,05	2,10	2,17
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	60,30	61,25	62,70	61,42
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,3	6,1	6,5	6,3
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	29,48	25,60	27,50	27,53
Color real	PtCo	15	4	3	4	3,67

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 46 Análisis Microbiológico (Semana 3)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>11/11/2013</b>	<b>12/11/2013</b>	<b>13/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	2300	2000	2340
CF	Col/100ml	<2	100	90	100

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 47 Caracterización fisicoquímica del agua tratada (Semana 3)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>11/11/2013</b>	<b>12/11/2013</b>	<b>13/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,26	7,70	7,30	7,42
Conductividad	µS/cm	----	129,34	105,9	132,11	122,45
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	83,07	67,6	84,82	78,50
Cloruros	mg/L	250	2,11	1,78	2,00	1,96
Sulfatos	mg/L	200	4,07	3,5	4,10	3,89
Nitritos	mg/L	0	0,004	0,006	0,004	0,0047
Nitratos	mg/L	10	1,70	1,09	1,39	1,40
Hierro total	mg/L	0,3	0,10	0,09	0,19	0,13
Plomo total	mg/L	0,01	0,002	0,004	0,001	0,0023
Turbidez	NTU	5	1,9	1,11	1,67	1,56
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	60,02	59,50	62,71	60,74
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,0	5,9	6,7	6,2
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	31,10	28,70	33,05	30,95
Color real	PtCo	15	3	2	5	3,33

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 48 Análisis Microbiológico (Semana 3)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>11/11/2013</b>	<b>12/11/2013</b>	<b>13/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	2450	0	2800
CF	Col/100ml	<2	110	0	200

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 49 Caracterización fisicoquímica del agua cruda (Semana 4)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>18/11/2013</b>	<b>19/11/2013</b>	<b>20/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,01	6,98	6,97	6,97
Conductividad	µS/cm	----	146,7	150,42	156,0	151,04
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	93,88	96,27	100,14	69,76
Cloruros	mg/L	250	2,90	2,52	2,13	2,52
Sulfatos	mg/L	200	4,39	4,26	4,55	4,4
Nitritos	mg/L	0	0,006	0,005	0,008	0,0063
Nitratos	mg/L	10	1,90	1,84	2,38	2,04
Hierro total	mg/L	0,3	0,09	0,12	0,15	0,12
Plomo total	mg/L	0,01	0,004	0,005	0,005	0,0047
Turbidez	NTU	5	2,6	2,3	2,6	2,5
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	61,80	62,67	64,10	62,86
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	6,1	6,0	6,7	6,27
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	27,30	28,38	29,12	28,27
Color real	PtCo	15	4	5	5	4,67

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 50 Análisis microbiológico (Semana 4)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>18/11/2013</b>	<b>19/11/2013</b>	<b>20/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	2500	2500	2600
CF	Col/100ml	<2	150	115	150

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014



**Tabla N° 51 Caracterización fisicoquímica del agua tratada (Semana 4)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>18/11/2013</b>	<b>19/11/2013</b>	<b>20/11/2013</b>	<b>Promedio</b>
pH	----	6,5-8,5	7,72	7,15	7,42	7,43
Conductividad	µS/cm	----	100,13	133,22	106,0	113,12
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	64,38	85,56	68,24	72,73
Cloruros	mg/L	250	2,26	2,15	2,30	2,24
Sulfatos	mg/L	200	4,01	3,98	4,30	4,1
Nitritos	mg/L	0	0,001	0,004	0,002	0,0023
Nitratos	mg/L	10	1,7	1,4	1,8	1,63
Hierro total	mg/L	0,3	0,09	0,12	0,09	0,1
Plomo total	mg/L	0,01	0,004	0,005	0,002	0,0037
Turbidez	NTU	5	1,98	2,01	1,60	1,86
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300	58,20	62,67	59,10	59,99
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	5,6	5,4	6,0	5,67
Dureza cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	--	30,30	28,01	32,67	30,33
Color real	PtCo	15	2	4	2	2,67

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 52 Análisis microbiológico (Semana 4)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>18/11/2013</b>	<b>19/11/2013</b>	<b>20/11/2013</b>
CT	Col/100ml	<2	0	3000	0
CF	Col/100ml	<2	0	150	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

#### **2.3.4 DATOS ADICIONALES**

Para el mes de Marzo se tomaron datos In-situ de turbidez durante cinco días debido a épocas lluviosas, con lo cual se evidenció que los tanques de almacenamiento presentaban sólidos asentados en el fondo.

**Tabla N° 53 Datos In-situ**

<b>DÍA DE MUESTREO</b>	<b>TURBIDEZ</b>
03-03-2014	5,8
04-03-2014	4,7
05-03-2014	6,3
06-03-2014	5,2
07-03-2014	6,5

**Realizado por:** CHANALUISA, A. 2014

## CAPÍTULO III

### 3 CÁLCULOS Y RESULTADOS

#### 3.1 CÁLCULOS

##### 3.1.1 CAUDAL DE DISEÑO

###### 3.1.1.1 POBLACIÓN FUTURA

En la actualidad los usuarios beneficiados corresponden a la parte central de Enokanqui, en su registro la Junta Administradora de Agua Potable cuenta con 130 socios.

Para la población futura se consideran los siguientes datos:

Variable	Valor
Nº de socios	130
Nº de habitantes/socio	5
r (tasa de crecimiento)	3%
n (Período de diseño)	20 años

$$P_a = 130 \text{ socios} \times \frac{5 \text{ habitantes}}{1 \text{ socio}}$$

$$P_a = 650 \text{ habitantes}$$

$$P_f = P_a(1 + r)^n$$

$$P_f = 650 (1 + 0,03)^{20}$$

$$P_f = 1174 \text{ hab}$$

### 3.1.1.2 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD

Para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema, según se muestra en la Tabla N° 5:

NIVEL	POBLACIÓN DE DISEÑO
Bajo	<2500
Medio	2501 a 12500
Medio Alto	12501 a 60000
Alto	>60000

### 3.1.1.3 DOTACIÓN NETA

La dotación neta obtenemos de la Tabla N° 6, teniendo como referencia el nivel de complejidad Bajo:

Nivel	Dotación neta mínima (L/hab*día)	Dotación neta máxima (L/hab*día)
Bajo	100	150
Medio	120	170
Medio Alto	130	--
Alto	150	--

### 3.1.1.4 DOTACIÓN BRUTA

Para el cálculo de dotación bruta usamos los parámetros de dotación neta y el porcentaje de pérdidas indicadas en la Tabla N° 7:

Nivel de complejidad	% de pérdidas técnicas
Bajo	40
Medio	30
Medio Alto	25
Alto	20

$$D_{Bruta} = \frac{D_{Neta}}{(1 - \%p)}$$

$$D_{Bruta} = \frac{100}{(1 - 0.4)}$$

$$D_{Bruta} = 166,67 \text{ L/hab} * \text{día}$$

### 3.1.1.5 Caudal Medio Diario (Qmd)

Para obtener el caudal medio diario aplicamos la Ecuación 3:

$$Qmd = \frac{P_f \times D_{Bruta}}{86400}$$

$$Qmd = \frac{1174 \text{ hab} \times 166,67 \text{ L/hab} * \text{día}}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Qmd = 2,26 \text{ L/s}$$

### 3.1.1.6 CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

Aplicamos la Ecuación 4 y la Tabla N° 8:

Nivel	Coefficiente de consumo máximo diario ( $k_1$ )
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio Alto	1,2
Alto	1,2

$$QMd = k_1 \times Qmd$$

$$QMd = 1,3 \times 2,26 L/s$$

$$QMd = 2,94 L/s$$

### 3.1.1.7 CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMh)

Aplicamos la Ecuación 5:

$$QMh = k_1 \times QMd$$

$$QMh = 1,3 * 2,94 L/s$$

$$QMh = 3,82 \frac{L}{s}$$

### 3.1.1.8 CAUDAL DE CAPTACIÓN

En la planta de agua potable existen dos captaciones que nos da un caudal total de:

$$Q_{cap} = 3,51 L/s$$

La cantidad de agua que debe disponer la fuente, tiene que ser la necesaria para satisfacer la demanda presente y futura para la comunidad que será abastecida.

### 3.1.2 REJILLAS

Uno de los sistemas recomendados para remover sólidos arenosos y gruesos es por medio de rejillas, por lo que su implementación en la captación es uno de los pretratamientos indispensables el mejoramiento de la planta.

DATOS	
Barras cuadradas Espesor (s)	10 mm
Inclinación con la vertical ( $\theta$ )	33°
Separación entre barras (e)	20 mm
Caudal máximo	3,51 L/s (0,00351m <sup>3</sup> /s)

#### 3.1.2.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN

Para el dimensionamiento se tendrá en cuenta el caudal máximo de la fuente (3,51 L/s). Aplicamos para este cálculo la Ecuación 6:

$$v_a = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{A}$$

Para calcular el área tenemos los siguientes datos que se obtuvieron midiendo el canal de captación:

X= 0,60 m (Ancho del canal)

Y= 0,30 m (Altura de la lámina del agua)

$$A = X * Y$$

$$A = 0,60 \text{ m} * 0,30 \text{ m}$$

$$A = 0,18 \text{ m}^2$$

$$v_a = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{A}$$

$$v_a = \frac{0,00351 \text{ m}^3/\text{s}}{0,18 \text{ m}^2}$$

$$v_a = 0,02 \text{ m/s}$$

### 3.1.2.2 CÁLCULO DE LA SUMA DE LAS SEPARACIONES ENTRE BARRAS

$$b = \left( \frac{b_g}{e} - 1 \right) (s + e) + e$$

**En donde:**

b= Ancho del canal

b<sub>g</sub>= Suma de las separaciones entre barras (mm)

e= Separación entre barras (mm)

s= Espesor de las barras (mm)

$$600 = \left( \frac{b_g}{20} - 1 \right) (10 + 20) + 20$$

$$600 - 20 = \left( \frac{b_g - 20}{20} \right) (30)$$

$$\frac{580}{30} = \left( \frac{b_g - 20}{20} \right)$$

$$\frac{580(20)}{30} = (b_g - 20)$$

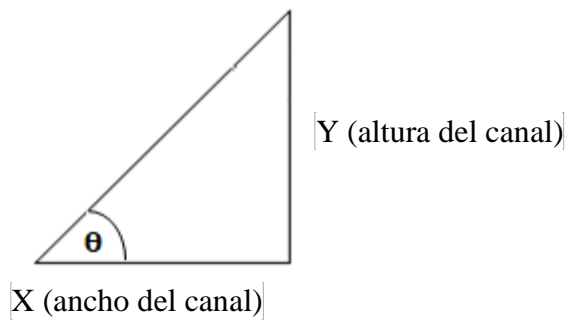
$$820 = (b_g - 20)$$



$$b_g = 386,67 \text{ mm}$$

$$b_g = 0,39 \text{ m}$$

### 3.1.2.3 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA REJILLA



$$L = \frac{\text{altura del canal}}{\text{sen } \theta}$$

$$L = \frac{0,3 \text{ m}}{\text{sen } (33)}$$

$$L = 0,55 \text{ m}$$

### 3.1.2.4 CÁLCULO DEL ÁREA LIBRE AL PASO DE AGUA

$$A_L = L \times b_g$$

$$A_L = 0,55 \text{ m} \times 0,39 \text{ m}$$

$$A_L = 0,21 \text{ m}^2$$

### 3.1.2.5 CÁLCULO DEL NÚMERO DE BARRAS

$$2n + (n - 1)e = b$$

En donde:

b= ancho del canal (cm)

e= separación entre barras (cm)

$$2n + (n - 1)(2) = 60$$

$$2n + 2n - 2 = 60$$

$$4n = 62$$

$$n = 16 \text{ barras}$$

### 3.1.2.6 Pérdida de carga en las rejillas

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{4/3} \times \frac{v^2}{2g} \times \text{sen}\theta$$

En donde:

h= Pérdida de carga (m)

S= Espesor de las barras (m)

e= Separación entre las barras (m)

$v^2/2g$ = Carga de velocidad antes de la reja (m)

$\theta$ = Ángulo de inclinación de las barras

$\beta$  = factor dependiente de la forma de las barras (2,42)

$$h = 2,42 \left( \frac{0,010}{0,02} \right)^{4/3} \times \frac{0,02^2}{2 * 9,81} \times \text{sen } 33$$

$$h = 1,066 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$h = 0,011 \text{ mm}$$

### 3.1.3 DESARENADOR

La implementación de un desarenador nos permitirá separar del agua cruda, la arena y sólidos que están en suspensión en el agua, con el fin de evitar que se produzcan depósitos durante la conducción. El desarenador se refiere normalmente a la remoción de partículas superiores a 0,2 mm.

#### 3.1.3.1 VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (Vs)

Aplicamos la Ecuación 14:

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{18\mu} \times D^2$$

PARAMETROS	VALOR
Diámetro de la partícula	0,150mm
Densidad de la partícula	2670 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del agua a 25°C	996,95 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad del líquido a 25°C	0,0009045 Kg/m*s

$$V_s = \frac{9,81 * (2670 - 996,95)}{18 * (0,0009045)} \times (1,5 \times 10^{-4})^2$$

$$V_s = 0,023 \text{ m/s}$$

### 3.1.3.2 VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN CRÍTICA

Para su determinación se requiere la tabla de la relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación, indicados en el Anexo 2-b

$$V_{sc} = \frac{V_s + V_{sp}}{2}$$

$$V_{sc} = \frac{0,023 + 0,008}{2}$$

$$V_{sc} = 0,0155 \text{ m/s}$$

### 3.1.3.3 TIEMPO DE CAÍDA

Se determina el tiempo que demora la partícula en tocar el fondo de depósito, asumiendo la profundidad del desarenador en 1,5m:

$$t_c = \frac{H}{V_{sc}}$$

$$t_c = \frac{1,5m}{0,0155m/s}$$

$$t_c = 96,77s$$

### **3.1.3.4 TIEMPO DE RETENCIÓN**

Usando los valores de la relación  $a/T$  del Anexo 2-c, para depósitos con buenos deflectores y con una remoción del 87,5 %, tenemos:

$$t_r = \frac{a}{T} * t_c$$

$$t_r = 2,75 * 96,77 \text{ s}$$

$$t_r = 266,13 \text{ s}$$

### **3.1.3.5 VOLUMEN DEL DESARENADOR**

$$V = Q_{\text{captación}} * t_r$$

$$V = 0,00351 \text{ m}^3/\text{s} * 266,13 \text{ s}$$

$$V = 0,934 \text{ m}^3$$

### **3.1.3.6 SUPERFICIE DEL DESARENADOR**

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{0,934 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}}$$

$$A = 0,62 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.7 LARGO Y ANCHO DEL DESARENADOR

Las dimensiones recomendadas de diseño son las siguientes:

#### 3.1.3.7.1 Relación Largo/Ancho

$$\frac{L}{B} = 4$$

$$A = L * B$$

En donde:

L = Largo del desarenador

B = Ancho del desarenador

$$A = 4B * B$$

$$A = 4B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{(0,62m^2)}{4}}$$

$$B = 0,40 m$$

$$L = 4B$$

$$L = 4(0,40m)$$

$$L = 1,60 m$$

### 3.1.3.8 VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO HORIZONTAL

$$v_h = \frac{Q_{captación}}{B * H}$$

$$v_h = \frac{0,00351 m^3/s}{0,40m * 1,5m}$$

$$v_h = 0,006 m/s$$

### 3.1.3.9 VELOCIDAD DE ARRASTRE

$$v_a = \sqrt{40 * (\rho_s - \rho_w) * g * \frac{d}{(3\rho_w)}}$$

$$v_a = \sqrt{40 * (2670 - 996,95) * 9,81 * \frac{1,5 \times 10^{-4}}{(3 * 996,95)}}$$

$$V_a = 0,18 m/s$$

Condición:

$$V_a > V_h$$

$$0,18 > 0,006 \text{ (Cumple)}$$

### 3.1.3.10 DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA DEFLECTORA

Considerando que la velocidad a través de los orificios es de 0,02 m/s.

#### 3.1.3.10.1 Área efectiva

$$A_e = \frac{Q_{captación}}{v_o}$$

$$A_e = \frac{0,00351 m^3/s}{0,02 m/s}$$

$$A_e = 0,18 m^2$$

#### 3.1.3.10.2 Área de cada orificio

Los orificios para la pantalla deflectora son circulares con un diámetro de 5 cm.

$$A_o = \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi \times (0,05)^2}{4}$$

$$A_o = 1,96 \times 10^{-4} m^2$$

#### 3.1.3.10.3 Número de orificios

$$N_o = \frac{A_e}{A_o}$$

$$N_o = \frac{0,18}{1,96 * 10^{-4}}$$

$$N_o = 92 \text{ orificios}$$



### 3.1.4 FILTRO LENTO DE ARENA DESCENDENTE

#### 3.1.4.1 NÚMERO DE FILTROS

##### 3.1.4.1.1 *Criterio de caudal*

Se aconsejan dos filtros si el caudal es mayor a 100 m<sup>3</sup>/día hasta los 300 m<sup>3</sup>/día; y un filtro cuando el caudal es menor a 100 m<sup>3</sup>/día.

$$3,51 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24h}{1día}$$

$$Q = 303,3 \text{ m}^3/\text{día}$$

Según el criterio de caudal se recomienda dos unidades.

##### 3.1.4.1.2 *Criterio de población*

Se recomienda dos filtros para poblaciones menores a 2000 habitantes y un filtro para una población menor a 1000 habitantes.

$$P_f = 1174 \text{ habitantes}$$

Según el criterio de población se recomienda dos unidades.

**NOTA:** Por razones de un aporte económico se diseñara una unidad de filtración que trabaje al 65% del caudal de la planta de potabilización.

Por lo tanto el caudal a filtrar se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_f = 65\% \times Q$$
$$Q_f = 0,65 \times 3,51 L/s$$

$$Q_f = 2,28 L/s$$

### 3.1.4.2 ÁREA SUPERFICIAL

Utilizamos el dato indicado en la Tabla N° 9 para una tasa de filtración <12 m/día, usualmente se utilizan valores de 6-9 m/día.

En nuestro caso adoptamos un valor de 7 m/día (0,3 m/h).

$$A_s = \frac{Q}{v_f}$$
$$A_s = \frac{8,21 m^3/h}{0,3 m/h}$$

$$A_s = 27,4 m^2$$

#### 3.1.4.2.1 Determinación del área de filtración

$$A_f = \frac{A_s}{n}$$
$$A_f = \frac{27,4 m^2}{2}$$

$$A_f = 13,7 m^2$$

### 3.1.4.3 DIMENSIONES DEL FILTRO

Consiste en compartimientos de forma cilíndrica (base circular), la cual se adoptará en el presente diseño:

$$D_f = \sqrt{\frac{4 \times A_f}{\pi}}$$
$$D_f = \sqrt{\frac{4 \times 13,7m^2}{\pi}}$$
$$D_f = 4,2 m$$

### 3.1.4.4 SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUA FILTRADA

#### 3.1.4.4.1 Caudal filtrado para cada unidad

$$Q_F = A_f \times v_f$$
$$Q_F = 13,7m^2 \times 0,3m/h$$
$$Q_F = 4,11 m^3/h$$
$$Q_F = 1,14 \times 10^{-3} m^3/s$$

#### 3.1.4.4.2 Área de cada orificio

Utilizamos la Tabla N° 11, que indica las especificaciones para drenajes con tubos perforados. El diámetro de cada orificio para nuestro caso es de 8mm:

$$A_o = \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi \times (0,008m)^2}{4}$$

$$A_o = 5,03 \times 10^{-5} m^2$$

#### 3.1.4.4.3 Caudal que ingresa en cada orificio

$$Q_o = A_o \times v_o$$

$$Q_o = (5,03 \times 10^{-5} m^2)(0,15m/s)$$

$$Q_o = 7,55 \times 10^{-6} m^3/s$$

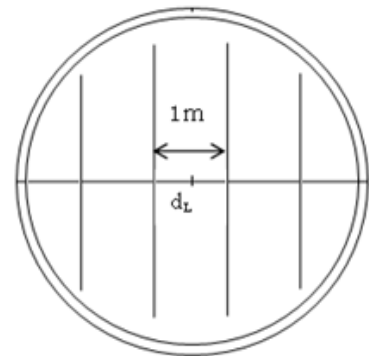
#### 3.1.4.4.4 Número de laterales

La separación de laterales se deberá considerar de acuerdo a la Tabla N° 11:

$$N^o_{Laterales} = n \frac{D_f}{d_L}$$

$$N^o_{Laterales} = 2 \frac{(4,2m)}{(1m)}$$

$$N^o_{Laterales} = 8,4$$



Debido a la forma circular del filtro y considerando la separación de la pared del filtro, determinamos que el número de laterales serán 8, cuatro a cada lado del colector. Por lo tanto:

$$N^o_{Laterales} = 8$$

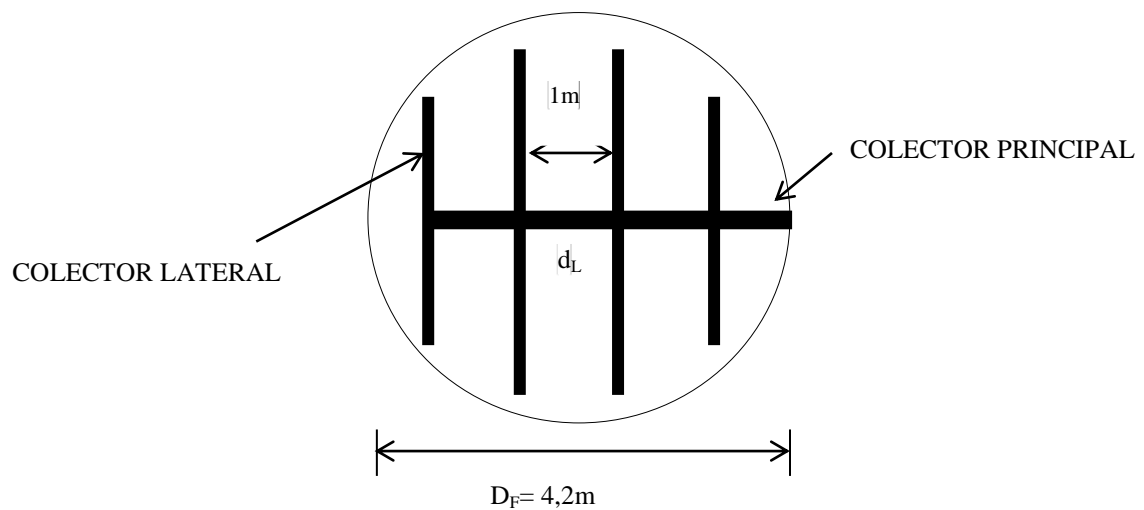
#### 3.1.4.4.5 Número de orificios total

Usamos la Tabla N° 11, que indica las especificaciones para drenajes con tubos perforados, recomienda que la separación entre orificios sea de 0,10 a 0,30 m.

$$N^{\circ} \text{orificios} = \frac{Q_F}{Q_o}$$

$$N^{\circ} \text{orificios} = \frac{(1,14 \times 10^{-3}) m^3/s}{(7,55 \times 10^{-6}) m^3/s}$$

$$N^{\circ} \text{orificios} = 151$$



Lateral	Longitud (m)	
N° 1	1,2 * 2	2,4
N° 2	1,8 * 2	3,6
N° 3	1,8 * 2	3,6
N° 4	1,2 * 2	2,4
Longitud total (8 Laterales)		12

De acuerdo a la longitud total de los laterales y la distancia entre orificios aplicamos la siguiente ecuación:

$$N^0 \text{ orificios} = n \times \frac{L_T}{d_o}$$

$$N^0 \text{ orificios} = 2 \times \frac{12 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$N^0 \text{ orificios} = 240$$

#### 3.1.4.4.6 Caudal en cada orificio

$$q_o = \frac{Q_F}{N^0 \text{ orificios}}$$

$$q_o = \frac{1,14 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{240}$$

$$q_o = 4,75 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 3.1.4.4.7 Lateral central

$$N^{\circ}_{LC} = n \times \frac{L_L}{d_o}$$

$$N^{\circ}_{LC} = 2 \times \frac{1,8 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$N^{\circ}_{LC} = 36$$

#### 3.1.4.4.8 Caudal que ingresa al lateral de mayor número de orificios

$$qL = N^0 \text{ orificios} \times q_o$$

$$qL = 36(4,75 \times 10^{-6})m^3/s$$

$$qL = 1,71 \times 10^{-4} m^3/s$$

#### 3.1.4.4.9 Área del lateral

$$A_L = \frac{qL}{v_L}$$

$$A_L = \frac{(1,71 \times 10^{-4})m^3/s}{0,15m/s}$$

$$A_L = 1,14 \times 10^{-3} m^2$$

#### 3.1.4.4.10 Diámetro interno del lateral

$$D_i \cdot L = \sqrt{\frac{4 * A_L}{\pi}}$$

$$D_i \cdot L = \sqrt{\frac{4 * (1,14 \times 10^{-3})m^2}{\pi}}$$

$$D_i \cdot L = 0,038m$$

$$D_i \cdot L = 38mm$$

#### 3.1.4.4.11 Diámetro del colector principal

$$A_C = \frac{Q_f}{V_C}$$

$$A_C = \frac{1,14 \times 10^{-3} m^3/s}{0,3 m/s}$$

$$A_C = 3,8 \times 10^{-3} m^2$$

#### 3.1.4.4.12 Diámetro interior del colector principal

$$D_{i.cp} = \sqrt{\frac{4 \times A_c}{\pi}}$$

$$D_{i.cp} = \sqrt{\frac{4(3,8 \times 10^{-3})m^3/s}{\pi}}$$

$$D_{i.cp} = 0,070 \text{ m}$$

$$D_{i.cp} = 70 \text{ mm}$$

#### 3.1.4.5 ESPESORES DE CAPA DEL MATERIAL FILTRANTE

A continuación se detallan las especificaciones técnicas dadas en las normas para filtros lentos:

POSICIÓN EN EL LECHO	ESPESOR DE CAPA (m)	DIÁMETRO (mm)	
Borde libre	0,20	0,15-0,35                      0,3  COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD <3	
Película de agua	1,00		
Área de filtro	1,00		
<b>Capa de soporte</b>			
3° capa	0,10	1,00-1,4	1,2
2° capa	0,10	4,00-5,60	4,5
1° capa	0,10	16,00-23,00	20
<b>Altura del filtro</b>	2,50		



### 3.1.5 CLORACIÓN

#### 3.1.5.1 DOSIFICACIÓN DE CLORO (Laboratorio)

##### 3.1.5.1.1 Preparación de la Solución Madre (1000mg/L)

Aplicamos la técnica descrita en la tabla N° 31 para preparar la solución madre:

DATOS	
Desinfectante	% Pureza
Cloro comercial granulado (HTH)	70

$$1000 \frac{mg}{L} \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{100g \text{ sol.}}{70g \text{ sol.}} = 1,4286 \text{ g/L}$$

##### 3.1.5.1.2 Cálculo del volumen 1 a diferentes concentraciones

###### Calculo del volumen 1

Concentración (ppm)	Volumen 1 (ml)
0,5	0,05
1,0	0,1
1,5	0,15
2,0	0,20
2,5	0,25
3,0	0,30

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$1000ppm \times V_1 = 0,5ppm \times 100ml$$

$$V_1 = \frac{0,5ppm \times 100ml}{1000ppm}$$

$$V_1 = 0,05ml$$

Con los datos obtenidos del volumen 1 procedemos a colocar en 100ml de muestra (agua de captación).

Este ensayo de laboratorio nos ayuda a encontrar la dosis óptima para desinfectar el agua de tal forma que sea apta para su consumo. Este valor es de 1,5 ppm que equivale a 0,15 ml de la solución madre de cloro en 100ml de muestra.

### **3.1.5.2 DOSIFICACIÓN DE CLORO RESPECTO AL CAUDAL DE LA PLANTA**

Según la documentación de la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental SSA, la cantidad de desinfectante a emplearse respecto al caudal de ingreso de agua a la planta, se lo realiza por el método del estimado (Tabla N° 14).

Se debe tomar como referencia que para desinfectar 1 m<sup>3</sup> de agua se necesita 1 g de cloro al 100%.

<b>DATOS</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Caudal	3,51 L/s
Dosis óptima	1,5 ppm

#### **3.1.5.2.1 Caudal**

El volumen que se tiene diariamente en la planta es:

$$3,51 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24h}{1día} = 303,264 \frac{m^3}{día}$$

Consideramos que el hipoclorito de calcio a utilizarse tiene 70% de concentración:

$$\frac{1g \text{ al } 100\%}{0,7} = 1,4286g \text{ HTH}$$

$$303,264 \frac{m^3}{día} \times \frac{1,4286 g}{m^3} = 433,24 \frac{g}{día} = 15 \text{ Oz}$$

Otra forma de calcular la cantidad necesaria de cloro respecto al caudal se realiza mediante la siguiente formula:

$$P_{HTH} = Q \times C$$

$$P_{HTH} = 3,51 \frac{L}{s} \times 1,5 \frac{mg}{L}$$

$$P_{HTH} = 5,265 \frac{mg}{s} \times \frac{1lb}{453600mg} \times \frac{86400s}{1día}$$

$$P_{HTH} = 1,00 \frac{lb}{día}$$

### 3.1.5.3 DOSIFICACIÓN DE $Ca(ClO)_2$

$$Q_{dosis} = \frac{V}{1día}$$

$$Q_{dosis} = \frac{270L}{1día} \times \frac{1día}{1440min}$$

$$Q_{dosis} = 0,2 \frac{L}{min}$$

De la misma manera podemos calcular que la dosis aplicada por la siguiente fórmula:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

En el tanque de 270 L preparamos 1 libra de hipoclorito de calcio

$$C_1 = \frac{453,6g}{270L} \times \frac{1000mg}{1g} = 1680mg/L$$

Aplicamos los caudales de la planta y de dosificación:

$$Q_{\text{Dosis}} = 0,2 \text{ L/min}$$

$$Q = 210,6 \text{ L/min}$$

$$1680 \frac{mg}{L} \times 0,2 \frac{L}{min} = C_2 \times 210,6 \frac{L}{min}$$

$$C_2 = 1,6 \frac{mg}{L}$$

## 3.2 RESULTADOS

### 3.2.1 POBLACIÓN FUTURA

**Tabla N° 54 Resultados de la Población Futura (2033)**

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Población futura	P <sub>f</sub>	1174	habitantes
Dotación neta	D <sub>Neta</sub>	100	L/hab*día
Dotación Bruta	D <sub>Bruta</sub>	166,67	L/hab*día
Caudal medio diario	Q <sub>md</sub>	2,26	L/s
Caudal máximo diario	Q <sub>MD</sub>	2,94	L/s
Caudal máximo horario	Q <sub>Mh</sub>	3,82	L/s
Caudal de captación	Q <sub>cap</sub>	3,51	L/s

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

### 3.2.2 REJILLAS

**Tabla N° 55 Resultado del diseño de rejillas**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Velocidad de aproximación	$V_a$	0,02	m/s
Separación entre barras	e	20	mm
Suma de separaciones entre barras	$b_g$	0,39	m
Longitud de la rejilla	L	0,55	m
Área libre al paso del agua	$A_L$	0,21	m <sup>2</sup>
Número de barras	n	16	--

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

### 3.2.3 DESARENADOR

**Tabla N° 56 Resultados del desarenador**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Velocidad de sedimentación	$V_s$	0,023	m/s
Velocidad de sedimentación crítica	$V_{sc}$	0,0155	m/s
Tiempo de caída	$t_c$	96,77	s
Tiempo de retención	$t_r$	266,13	s
Volumen del desarenador	V	0,934	m <sup>3</sup>
Superficie del desarenador	A	0,62	m <sup>2</sup>
Largo del desarenador	L	1,60	m
Ancho del desarenador	B	0,40	m
Profundidad del desarenador	H	1,50	m
Pantalla deflectora			
Área efectiva	$A_e$	0,18	m <sup>2</sup>
Área de cada orificio	$A_o$	$1,96 \cdot 10^{-4}$	m <sup>2</sup>
Número de orificios	$N_o$	92	---

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

### 3.2.4 FILTRO LENTO

**Tabla N° 57 Resultados para cada filtro lento**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área superficial	$A_S$	27,4	$m^2$
Número de filtros	$N_f$	2	---
Área de filtración	$A_f$	13,7	$m^2$
Diámetro del filtro	$D_f$	4,2	M
Caudal de filtrado	$Q_F$	$1,14 \cdot 10^{-3}$	$m^3/s$
<b>SISTEMA DE RECOLECCIÓN</b>			
Área de cada orificio	$A_o$	$5,03 \cdot 10^{-5}$	$m^2$
Caudal que ingresa en el orificio	$Q_o$	$7,55 \cdot 10^{-6}$	$m^3/s$
Número de laterales	$N^{\circ}_{\text{Lateral}}$	8	---
Número de orificios	$N^{\circ}_{\text{orificios}}$	240	---
Caudal en cada orificio	$q_o$	$4,75 \cdot 10^{-6}$	$m^3/s$
Orificios en el lateral central	$N^{\circ}_{LC}$	36	---
Caudal del lateral central	$q_L$	$1,71 \cdot 10^{-4}$	$m^3/s$
Área del lateral	$A_L$	$1,14 \cdot 10^{-3}$	$m^2$
Diámetro interno del lateral	$D_{i\_L}$	38	mm
Diámetro interno del colector	$D_{i\_cp}$	70	mm
Altura del filtro	$H_F$	2,50	m

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

### 3.2.5 CLORACIÓN

Tabla N° 58 Resultados de la dosificación de cloro

<b>Método</b>	Fotométrico
<b>Tiempo de contacto</b>	30 minutos
<b>PRUEBA # 1</b>	
<b>Concentración SM aplicada a la muestra (ppm)</b>	<b>Concentración de cloro residual (mg/L)</b>
0,5	0
1,0	0,36
1,5	0,60
2,0	0,71
2,5	0,77
3,0	0,85
<b>PRUEBA # 2</b>	
0,5	0
1,0	0,40
1,5	0,62
2,0	0,73
2,5	0,86
3,0	0,94
<b>PRUEBA # 3</b>	
0,5	0,02
1,0	0,41
1,5	0,60
2,0	0,71
2,5	0,84
3,0	0,93

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 59 Resultados de la dosificación de cloro**

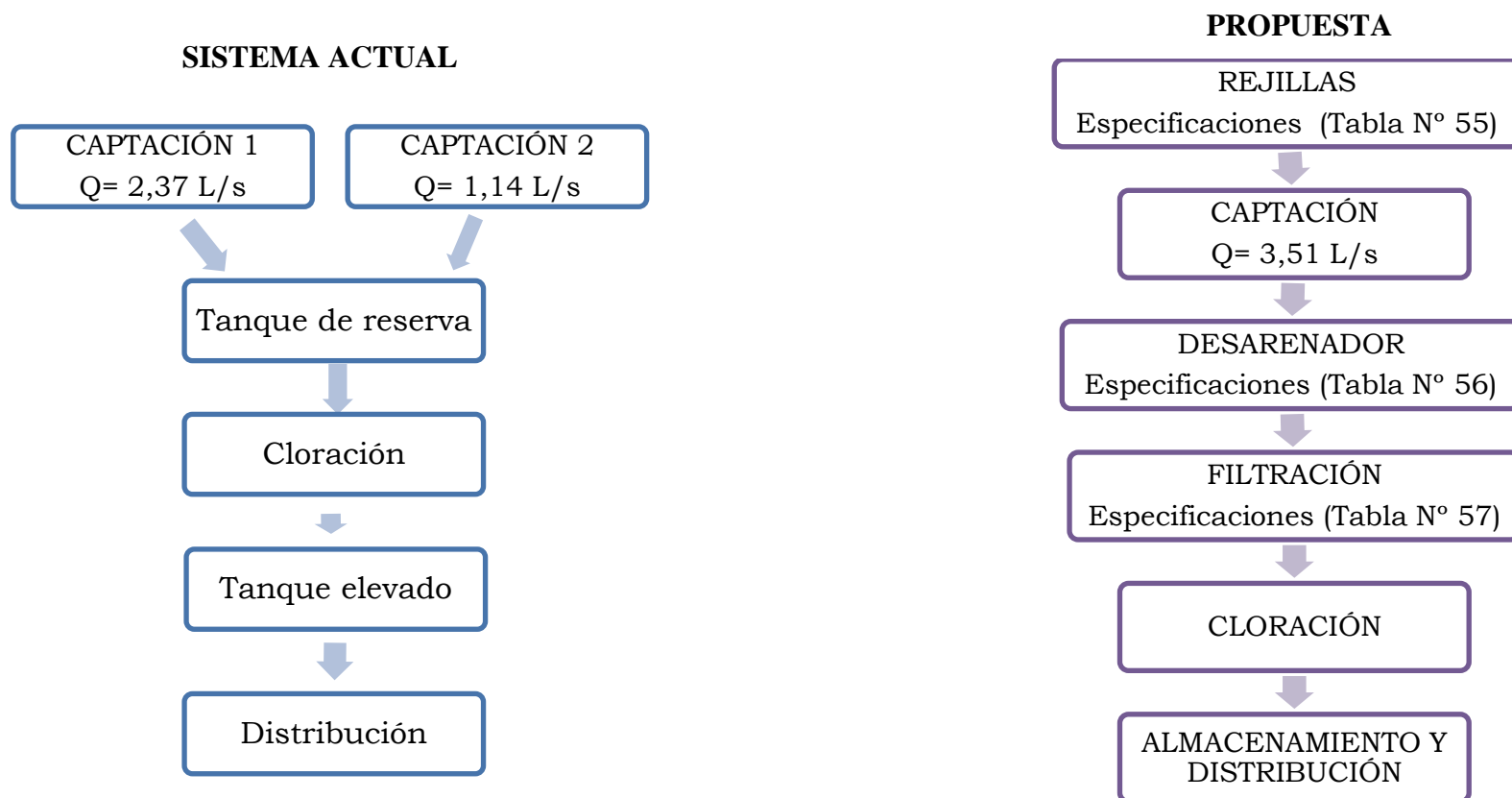
<b>PRUEBA # 1</b>	
<b>Concentración SM aplicada a la muestra (ppm)</b>	<b>CF</b>
0,5	1500
1,0	200
1,5	0
2,0	0
2,5	0
3,0	0
<b>PRUEBA # 2</b>	
0,5	1100
1,0	150
1,5	0
2,0	0
2,5	0
3,0	0
<b>PRUEBA # 3</b>	
0,5	800
1,0	90
1,5	0
2,0	0
2,5	0
3,0	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014



### 3.3 PROPUESTA

Después de verificar la situación actual de la planta se determinó que su tratamiento es muy simple, razón por la cual se ha propuesto implementar otras etapas de potabilización con la finalidad de mejorar los resultados del agua potable.



### 3.3.1 PRESUPUESTO

#### 3.3.1.1 SISTEMA DE REJILLAS

ITEM	CANT.	REFERENCIA	TOTAL
<b>CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA</b>			
Mano de Obra (3 días)	2	Personal municipio	180,00
Cemento (quintal)	10	Selva Alegre	80,00
Palas	2		30,00
Ripio y Arena		Fronteramaz	240,00
Varilla (Ø=12mm; L=12 m)	6	Ferretería Balcázar	120,00
<b>REJILLAS</b>			
Rejilla delgada (0.6m*0.6m) con varilla de 10mm	1		80,00
<b>TOTAL</b>			<b>730,00</b>

FUENTE: Departamento de Agua Potable y Alcantarillado GADMJS

#### 3.3.1.2 DESARENADOR

ITEM	CANT.	REFERENCIA	TOTAL
<b>CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA</b>			
Limpieza del terreno	20	m <sup>2</sup>	20,00
Excavación para estructuras	6	m <sup>3</sup>	60,00
Replanteo de hormigón- piedra	2	m <sup>3</sup>	240,00
Hormigón simple	2	m <sup>3</sup>	380,00
Enlucido interior reservas	16	m <sup>2</sup>	160,00
Encofrado/desencofrado	20	m <sup>2</sup>	140,00
Acero de refuerzo	220	kg	640,00
Enlucido-Paleteado	20	m <sup>2</sup>	180,00

ACCESORIOS			
Tubería para accesorios PVC	10	m	50,00
Universal PVC 1 1/4"	10	u	50,00
Adaptador 1 1/4"	2	u	12,00
Adaptador 2"	1	u	6,00
Válvula de compuerta 2"	1	u	100,00
Codo 90° (d=50mm)	2	u	8,00
Tee PVC 1 1/4"	2	u	10,00
Tubería de desagüe	1	u	12,00
Universal PVC	4	u	10,00
<b>TOTAL</b>			<b>2078,00</b>

FUENTE: Departamento de Agua Potable y Alcantarillado GADMJS

### 3.3.1.3 FILTRO LENTO DESCENDENTE

ITEM	CANT.	REFERENCIA	TOTAL
<b>ESTRUCTURA DE ENTRADA</b>			
Limpieza del terreno	5	m <sup>2</sup>	5,00
Excavación para estructuras	3	m <sup>3</sup>	30,00
Empedrado base	3	m <sup>2</sup>	20,00
Hormigón simple	1	m <sup>3</sup>	190,00
Encofrado/desencofrado	10	m <sup>2</sup>	70,00
Enlucido-Paleteado	5	m <sup>2</sup>	30,00
Revestido interior – impermeabilizante	5	m <sup>2</sup>	75,00
Pintura de caucho látex	5	m <sup>2</sup>	15,00
Caja de revisión (0,6*0,6m)	1	U	50,00
Vertedero de tool galvanizado	2	U	200,00

ACCESORIOS			
Válvula compuerta bronce	1	U	100,00
Tubería PVC	2	m	8,00
Codo 90° (d=50mm)	2	U	8,00
Reductor PVC 1 1/4"	1	U	3,00
Universal 1"	4	U	12,00
FILTRO LENTO			
Limpieza del terreno	50	m <sup>2</sup>	50,00
Replanteo y trazado	50	m <sup>2</sup>	50,00
Excavación de estructuras	120	m <sup>3</sup>	1440,00
Encofrado circular de paredes	100	m <sup>2</sup>	2000,00
Hormigón en paredes de ferrocemento	5	m <sup>3</sup>	1250,00
Hormigón simple	8	m <sup>3</sup>	1520,00
Enlucido/paleteado	50	m <sup>2</sup>	350,00
Malla electrosoldada	50	m <sup>2</sup>	750,00
Malla de cerramiento	100	m <sup>2</sup>	1000,00
Relleno grava fina (2-5mm)	0,5	m <sup>3</sup>	25,00
Relleno grava (15-25mm)	2	m <sup>3</sup>	100,00
Lecho de arena	5	m <sup>3</sup>	350,00
ACCESORIOS			
Tramo corto de PVC (d=50mm)	2	U	10,00
Codo 45°	4	U	8,00
Tubería perforada PVC (d=50mm)	4	U	12,00
Tapón hembra	2	U	3,00
Reducción de PVC	12	U	30,00
Tee PVC (d=50mm)	4	U	20,00
Cruz PVC 1 1/2"	4	U	28,00
Adaptador	2	U	6,00
Válvula de compuerta 2"	2	U	250,00
Válvula de volante 1"	1	U	80,00
<b>TOTAL</b>			<b>10148,00</b>

FUENTE: Departamento de Agua Potable y Alcantarillado GADMJS

### 3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante la caracterización físico-química y microbiológica realizada se pudo observar que la mayoría de los análisis físico-químicos se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma INEN 1108: 2006.

De los análisis microbiológicos se puede mencionar que no se encuentran dentro de los límites debido a una inadecuada desinfección.

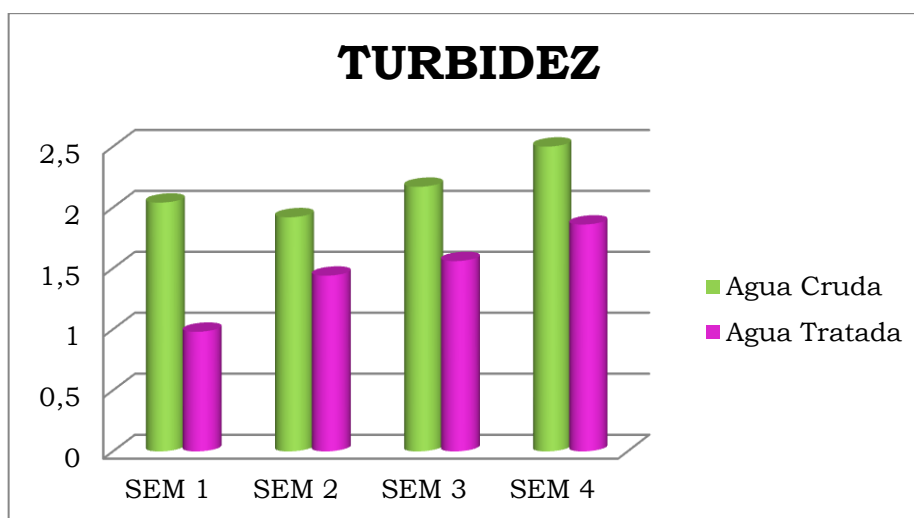
#### 3.4.1 ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS

**Tabla N° 60 Resultados promedio de Turbidez**

PROCESO	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Agua Cruda	2,04	1,92	2,17	2,5
Agua Tratada	0,98	1,44	1,56	1,86

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Figura 10 Resultados promedio de Turbidez**



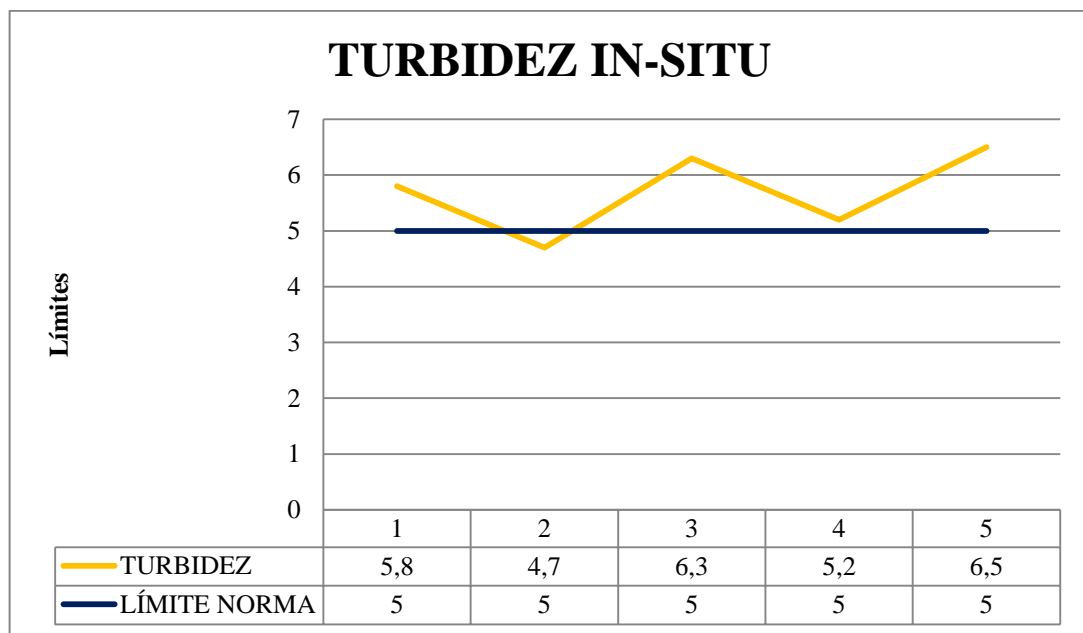
Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 61 Resultados In-situ de turbidez**

MUESTRA	TURBIDEZ	LÍMITE NORMA
1	5,8	5 NTU
2	4,7	
3	6,3	
4	5,2	
5	6,5	

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Figura 11 Resultados promedio de Turbidez**



Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

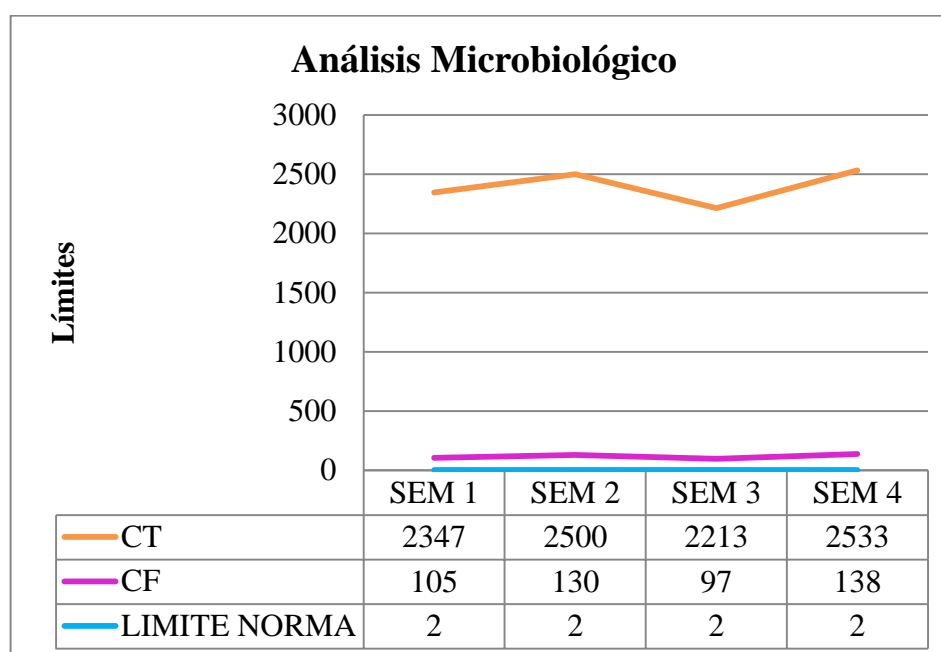
### 3.4.2 Análisis Microbiológicos

**Tabla N° 62 Resultados promedio de CT y CF**

Parámetro	CT	CF	LIMITE NORMA
SEM 1	2347	105	2
SEM 2	2500	130	2
SEM 3	2213	97	2
SEM 4	2533	138	2

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Figura 12 Resultados promedio de Coliformes totales y fecales**



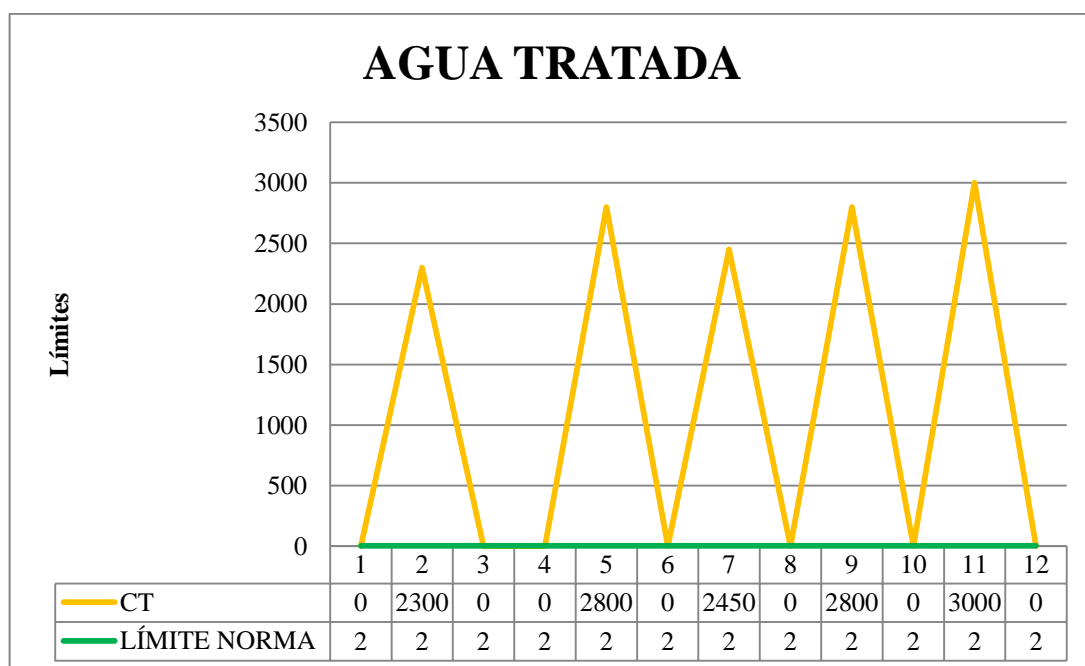
Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Tabla N° 63 Resultados de CT en el agua tratada**

MUESTRA	CT	LÍMITE NORMA
1	0	2
2	2300	2
3	0	2
4	0	2
5	2800	2
6	0	2
7	2450	2
8	0	2
9	2800	2
10	0	2
11	3000	2
12	0	2

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Figura 13 Coliformes Totales con respecto a la norma**



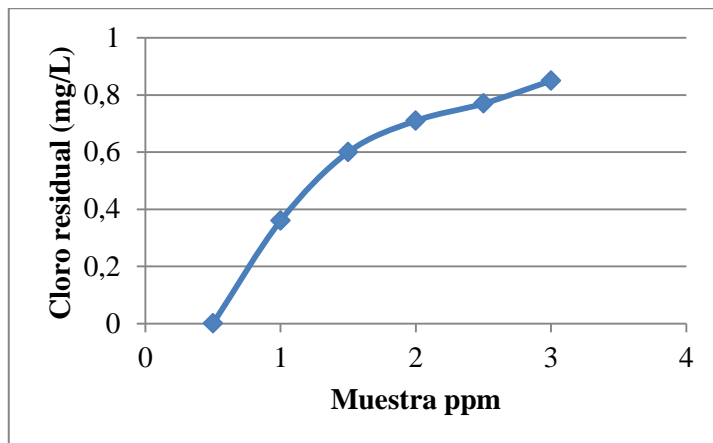
Realizado por: CHANALUISA, A. 2014



### 3.4.3 DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE HIPOCLORITO DE CALCIO

#### PRUEBA # 1

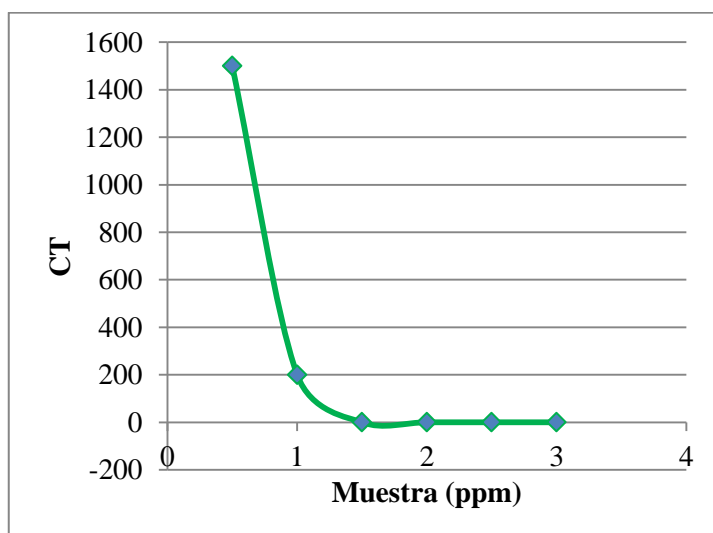
Figura 14 Resultado de concentración de cloro residual



Muestra (ppm)	cloro residual (mg/L)
0,5	0
1	0,36
1,5	0,6
2	0,71
2,5	0,77
3	0,85

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

Figura 15 Resultado de Coliformes Totales

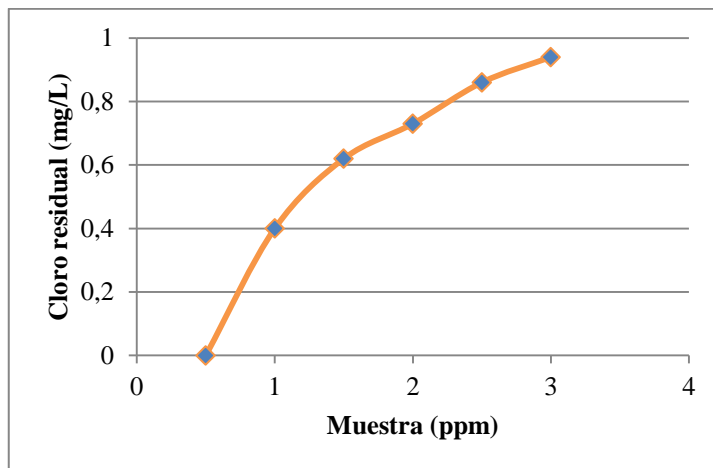


Muestra (ppm)	CT
0,5	1500
1	200
1,5	0
2	0
2,5	0
3	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

## PRUEBA # 2

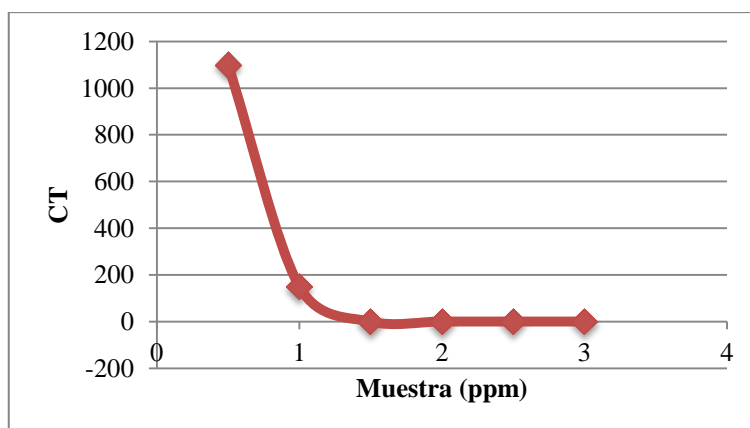
**Figura 16 Resultado de concentración de Cloro residual**



Muestra (ppm)	cloro residual (mg/L)
0,5	0
1	0,4
1,5	0,62
2	0,73
2,5	0,86
3	0,94

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Figura 17 Resultado de Coliformes Totales**

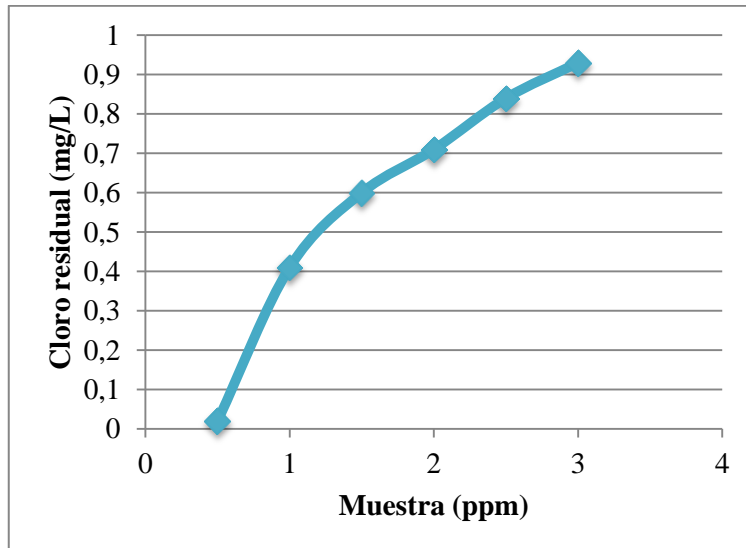


Muestra (ppm)	CT
0,5	1100
1	150
1,5	0
2	0
2,5	0
3	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

### PRUEBA # 3

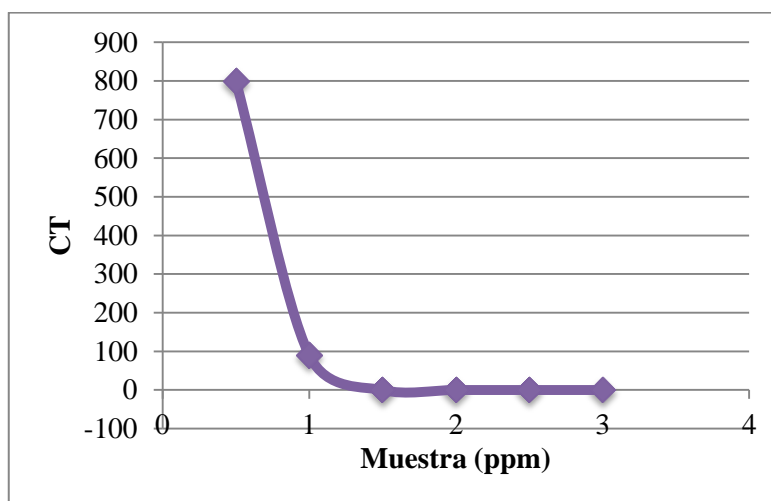
**Figura 18 Resultado de concentración de Cloro residual**



Muestra (ppm)	cloro residual (mg/L)
0,5	0,02
1	0,41
1,5	0,6
2	0,71
2,5	0,84
3	0,93

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

**Figura 19 Resultado de Coliformes Totales**



Muestra (ppm)	CT
0,5	800
1	90
1,5	0
2	0
2,5	0
3	0

Realizado por: CHANALUISA, A. 2014

### **3.4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Los análisis físico-químicos realizados para el agua cruda y tratada se encuentran dentro de los límites aceptables por la Norma INEN 1108. En cambio el análisis microbiológico determina que los coliformes totales y fecales están por encima de los límites permitidos.

Durante el mes de marzo se realizó una determinación In-situ de Turbidez los cuales estaban fuera de los límites de la normativa, esto se debe a la presencia de lluvias continuas, lo cual incrementa la presencia de sedimentos en los tanques de reserva.

Los análisis realizados en el laboratorio indican que la dosis óptima de cloro para reducir los coliformes totales es de 1,5 ppm. Con dicha concentración se logra una remoción del 99,99% y el valor del cloro dentro del rango 0,6 mg/L.

De acuerdo al caudal de la planta para preparar la solución de cloro se requiere 1 libra de cloro granulado HTH (70%) en un volumen de 270 L, la solución debe consumirse diariamente.

Debido a que la cloración es el único tratamiento que se realiza en planta, se ha visto en la necesidad de implementar otras etapas de potabilización para el mejoramiento de la calidad del agua tanto en épocas secas y épocas lluviosas.

La rejilla debe colocarse en el lugar de captación para evitar partículas grandes que puedan impedir la conducción del agua. Un desarenador que permita la sedimentación de las partículas arenosas. Una unidad de filtración que ayudara a eliminar materia orgánica sustancias coloidales y reducir los agentes patógenos.

El presupuesto de la implementación de estas estructuras es de 13.000 dólares, que son factibles ya que la Junta Administradora de Agua Potable puede gestionar al Gobierno Municipal Rural de Enokanqui para que proporcione los recursos necesarios para su ejecución.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

- Con el diagnóstico se logró verificar que el mantenimiento de la planta no se realiza adecuadamente, debido a que la captación no está totalmente protegida en su interior encontramos camarones de río y en las paredes la presencia de murciélagos, lo cual se evidencia con valores altos de coliformes totales y fecales.
- Con la caracterización físico-química y microbiológica realizada al agua cruda y tratada, se observó que la mayoría de análisis se encuentran dentro de la Norma INEN 1108, a excepción de los coliformes totales y fecales que no cumplen con los límites aceptables
- Para optimizar el proceso de cloración se monitoreo durante 3 días con cinco diferentes concentraciones y se obtuvo una concentración de cloro óptima de 1,5 ppm.
- El caudal medido experimentalmente es de 3,51 L/s. Este puede ser incrementado ya que se cuentan con otras fuentes de abastecimientos que actualmente se encuentran desperdiciando por no protegerlas.
- El Sistema de Agua Potable contara con la implementación de una rejilla, desarenador y dos unidades de filtración que garanticen el mejoramiento de la calidad del agua.

- ➡ Se elaboró el manual de operación y mantenimiento con la finalidad de obtener un buen funcionamiento de las etapas de potabilización implementadas para beneficio de la parroquia.
- ➡ Además se detallan las acciones que deben tomarse cuando los sistemas presenten anomalías y su inmediata ejecución para repararlos.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- ✓ Se debe realizar la protección adecuada de la captación para evitar posibles fuentes de contaminación que causen riesgos en la salud de los usuarios.
- ✓ Construir las cajas de captación en las fuentes que se encuentran desperdiciando.
- ✓ Poner en marcha el estudio realizado para la optimización de la planta de agua potable para la parroquia Enokanqui.
- ✓ Contratar operadores que sean competentes, capacitados y responsables con todas las actividades a realizarse en la planta.
- ✓ Realizar la cloración diariamente para reducir cualquier agente presente en el agua.
- ✓ Realizar el mantenimiento continuo de las etapas de potabilización, para lo cual se debe revisar el Manual elaborado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **ROMERO, Jairo.** Calidad del Agua. 2ª ed. Medellín - Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2005. Pp. 345, 355, 356-369
2. **ROMERO, Jairo.** Potabilización del Agua. 3ª ed. México D.F – México. Alfa Omega. 1999. Pp. 22, 22-30,38, 199-200, 228-229.
3. **VALDEZ, C. et.al.** Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales. México D.F – México. Fundación ICA. 2003. Pp. 97,100-103, 105-112.
4. **RODRÍGUEZ, Pedro.** Abastecimiento de Agua. 2ª ed. México D.F – México. Instituto Tecnológico de Oaxaca. 2001. Pp. 12-14, 89-90.  
<http://civilgeeks.com/libro-de-abastecimiento-de-agua-pedro-rodriguez>  
2014-04-07
5. **SPELLMAN, F. et.al.** Manual del agua potable. s. ed. Zaragoza – España. Acribia. 2000. Pp. 11-12, 133-135, 183-211.  
<http://www.freelibros.org/biologia/manual-del-agua-potable.html>  
2014-06-22

6. **ARGENTINA, ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO (ENOHSA)** Fundamentación – Cap. X. Desinfección., 2ª ed., Buenos Aires –Argentina., 2008. Pp. 22, 24-26.  
<http://es.scribd.com/doc/78864553/ENOHSA>  
2014-12-01
7. **COLOMBIA, REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO (RAS 2000).** Título C. Sistemas de Potabilización. Bogotá – Colombia. 2000. Pp. 27-31, 61,63, 65-67.  
<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/FiME.pdf>  
2014-12-01
8. **COLOMBIA, REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO (RAS 2000).** Título B. Sistemas de Acueducto. 2ª ed. Bogotá – Colombia. 2010. Pp. 32, 38,39, 70-72, 83-86.  
[http://www.Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://www.Sistemas_de_acueducto.pdf)  
2014-12-01
9. **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.** (NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión. Agua Potable - Requisitos). Pp. 1-6  
<http://www.inen.gob.ec/index.php?option=com>  
2014-06-04
10. **PERÚ, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).** Guías para la calidad del agua potable. 3ª ed. Volumen I. Lima – Perú. 2006. Pp. 14  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/)  
2014-05-08



- 11. PERÚ, CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS).** Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de agua. Lima – Perú. 2002. Pp. 245-267, 417, 419,440, 448-454.

<https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/>

2014-05-08

- 12. LEÓN, F.** Estudio y Diseño del Sistema de Agua Potable para la comunidad el Salado del cantón Sozoranga, provincia de Loja. **TESIS.** Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ingeniería Civil. Loja- Ecuador. 2012. Pp. 63-80

<http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/4269>

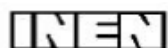
2015-01-04

**12. FILTROS**

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/027757/027757-12a.pdf>

2014-12-17

**ANEXOS**



## INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 108:2006**

**Segunda revisión**

---

---

### **AGUA POTABLE. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable.  
AL 01.06-401  
CDU: 644.61  
CIIU: 4200  
ICS: 13.060.20

**Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Obligatoria**

**AGUA POTABLE.  
REQUISITOS.**

**NTE INEN  
1 108:2006  
Segunda revisión  
2006-03**

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

### 2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

### 3. DEFINICIONES

3.1 **Agua Potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.2 **Agua Cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

3.3 **Límite máximo permisible.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.

3.4 **UFC/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.5 **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los Tubos múltiples.

3.6 **µg/l.** (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.7 **mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.8 **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

3.9 **Pesticidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.10 **Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

3.11 **Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.12 **Radio nucleido.** Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.

3.13 **MBAS, ABS.** Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.

3.14 **Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.15 **Dureza total.** Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable.

**3.16 Sólidos totales disueltos.** Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos Específicos

**5.1.1** El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación

PARAMETRO	UNIDAD	Limite máximo Permisible
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH <sub>3</sub> )	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO <sub>4</sub> )	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO <sub>3</sub>	mg/l	10
Nitritos, N-NO <sub>2</sub>	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO <sub>4</sub>	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
<b>Radiactivos</b>		
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0

\* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu

\*\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>125</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>I, <sup>137</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra

(Continúa)

**Orgánicos**

Tensoactivos ABS (MBAS)

mg/l

0,0

Fenoles

mg/l

0,0

**Sustancias Orgánicas****Límite máximo µg/l****Alcanos Clorinados**

- tetracloruro de carbono

2

- diclorometano

20

- 1,2dicloroetano

30

- 1,1,1-tricloroetano

2000

**Etanos Clorinados**

- cloruro de vinilo

5

- 1,1dicloroeteno

30

- 1,2dicloroeteno

50

- tricloroeteno

70

- tetracloroeteno

40

**Hidrocarburos Aromáticos**

- benceno

10

- tolueno

170

- xileno

500

- etilbenceno

200

- estireno

20

Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)

0,3

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)

- benzo [a]pireno

0,01

- benzo [a]fluoranteno

0,03

- benzo [k]fluoranteno

0,03

- benzo [ghi]pirileno

0,03

- indeno [1,2,3-cd]pireno

0,03

**Bencenos Clorinados**

- monoclorobenceno

300

- 1,2-diclorobenceno

1000

- 1,4-diclorobenceno

300

- triclorobencenos (total)

20

di(2-etilhexil) adipato

80

di(2-etilhexil) ftalato

8

acrilamida

0,5

epiclorohidrin

0,4

hexaclorobutadieno

0,6

Ácido etilendiaminatetracético EDTA

200

ácido nitrotriácético

200

óxido tributiltin

2

*(Continúa)*

**Pesticidas****Límite máximo µg/l**

Isoproturon	9
Lindano	2
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	2
Metoxyclo	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Permetrin	20
Propanil	20
Piridato	100
Simazina	2
Trifluralin	20
Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPA 2,4-DB	90
Dicloroprop	100
Fenoprop	9
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxibutírico MCPB	2
Mecoprop	10
2,4,5-T	9

**Residuos de desinfectantes****Límite máximo µg/l**

Monocloramina, di- y tricloramina	3
Cloro	5

**Subproductos de desinfección****Límite máximo µg/l**

Bromato	25
Clorito	200
Clorofenoles	
- 2,4,6-triclorofenol	200
Formaldeído	900
Trihalometanos	
- bromoformo	100
- diclorometano	100
- bromodiclorometano	60
- cloroformo	200
Ácidos acéticos clorinados	
- ácido dicloroacético	50
- ácido tricloroacético	100
Hidrato clorado	
- tricloroacetaldeído	10
Acetonitrilos halogenados	
- dicloroacetonitrilo	90
- dibromoacetonitrilo	100
- tricloroacetonitrilo	1
Cianógeno clorado (como CN)	70

**5.1.2** El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos Microbiológicos.

(Continúa)

### Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2 *
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2 *
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	ausencia

\* < 2 significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo

- (1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

**6.1.1** El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods)

**6.1.2** El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

**7.1** Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.

(Continúa)



**ANEXO 1.  
(INFORMATIVO)**

**Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida**

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS EN LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE**

<b>Población servida</b>	<b>Número mínimo Muestras /mes</b>	<b>Población servida</b>	<b>Número mínimo Muestras /mes</b>
25 a 1000	1	83001 a 90000	90
1001 a 2500	2	90001 a 96000	95
2501 a 3300	3	96001 a 111000	100
3301 a 4100	4	111001 a 130000	110
4101 a 4900	5	130001 a 160000	120
4901 a 5800	6	160001 a 190000	130
5801 a 6700	7	190001 a 220000	140
6701 a 7600	8	220001 a 250000	150
7601 a 8500	9	250001 a 290000	160
8501 a 9400	10	290001 a 320000	170
9401 a 10300	11	320001 a 360000	180
10301 a 11100	12	360001 a 410000	190
11101 a 12000	13	410001 a 450000	200
12001 a 12900	14	450001 a 500000	210
12901 a 13700	15	500001 a 530000	220
13701 a 14600	16	530001 a 600000	230
14601 a 15500	17	600001 a 660000	240
15501 a 16300	18	660001 a 720000	250
16301 a 17200	19	720001 a 780000	260
17201 a 18100	20	780001 a 840000	270
18101 a 18900	21	840001 a 910000	280
18901 a 19800	22	910001 a 970000	290
19801 a 20700	23	970001 a 1050000	300
20701 a 21500	24	1050001 a 1140000	310
21501 a 22300	25	1140001 a 1230000	320
22301 a 23200	26	1230001 a 1320000	330
23201 a 24000	27	1320001 a 1420000	340
24001 a 24900	28	1420001 a 1520000	350
24901 a 25000	29	1520001 a 1630000	360
25001 a 28000	30	1630001 a 1730000	370
28001 a 33000	35	1730001 a 1850000	380
33001 a 37000	40	1850001 a 1970000	390
37001 a 41000	45	1970001 a 2060000	400
41001 a 46000	50	2060001 a 2270000	410
46001 a 50000	55	2270001 a 2510000	420
50001 a 54000	60	2510001 a 2750000	430
54001 a 59000	65	2750001 a 3020000	440
59001 a 64000	70	3020001 a 3320000	450
64001 a 70000	75	3320001 a 3620000	460
70001 a 76000	80	3620001 a 3960000	470
76001 a 83000	85	3960001 a 4310000	480
		4310001 a 4690000	490
		Sobre 4690000	500

Fuente: Interim Primary Drinking Water Standards – Environmental Protection Agency (EPA), 1975

Bibliografía:

CETESB. Compañía de tecnología de Saneamiento Ambiental. Control de Calidad del Agua Potable para consumo humano. Bases conceptuales y Operacionales. Sao Paulo, 1977

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Métodos Normalizados para el Agua potable y residual (Standard Methods) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation).

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 *Agua Potable Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, 1983.

Ministerio del Ambiente, *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria*, actualizada a diciembre de 2002. Corporación de estudios y Publicaciones, Quito 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality Volume 1 Recommendations*. Second Edition. Geneva, 1993.

CETESB. Companhia de tecnologia de saneamiento ambiental del Brasil. *Control de calidad para el agua de consumo humano*. Bases conceptuales y operacionales. Sao Paulo, 1977.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 1 108 Segunda revisión	<b>TÍTULO:</b> AGUA POTABLE. REQUISITOS.	<b>Código:</b> AL 01.06-401
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:		
<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2005-07-21 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo No. 05684 de 2005-09-08 publicado en el Registro Oficial No. 108 de 2005-09-21  Fecha de iniciación del estudio: 2005-10-27		
Fechas de consulta pública: de _____ a _____		
<b>Comité Interno del INEN:</b> Fecha de iniciación: 2005-11-08 Integrantes del Comité Interno:		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <b>NOMBRES:</b>             Dr. Ramiro Gallegos             Dra. Hipatia Navas            Ing. Gonzalo Arteaga            Ing. Enrique Troya             Ing. María E. Dávalos (Secretaria Técnica)         </div> <div style="width: 45%;"> <b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>             DIRECTOR DEL ÁREA TÉCNICA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS            ÁREA TÉCNICA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS            ÁREA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN            DIRECTOR DEL ÁREA TÉCNICA DE VERIFICACIÓN            REGIONAL CHIMBORAZO         </div> </div>		
<b>Otros trámites:</b>		
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2006-01-18		
Oficializada como: Obligatoria Registro Oficial No. 231 de 2006-03-17		
Por Acuerdo Ministerial No. 06 094 de 2006-03-01		

## ANEXO 2 DATOS PARA EL DESARENADOR

### a) Clasificación de los Materiales en suspensión según su tamaño

MATERIAL	DIAMETRO(mm)
Arcilla Coloidal	< 0,0001
Arcilla Fina	0,0001
Arena Fina	0,1 – 0,25

### b) Relación del diámetro de partícula y la velocidad de sedimentación

MATERIAL	DIÁMETRO (mm)	REYNOLDS	Vs (cm/s)	REGIMEN	LEY APLICADA
Arena Fina	0,1	0,8	0,8	Laminar	Stokes
Arena Gruesa	0,15	2	15	Transición	Hazen
Grava		>10000	100	Turbulento	Newton

### c) Relación A/T- Porcentajes de Remoción

CONDICIONES	REMOCIÓN 50%	REMOCIÓN 75%	REMOCIÓN 87,5%
Máximo teórico	0,500	0,750	0,875
Depósitos con muy buenos deflectores	0,730	1,550	2,370
Depósitos con buenos deflectores	0,760	1,660	2,750
Depósitos defientes deflectores o sin ellos	1,000	3,000	7,000

### ANEXO 3 SISTEMA ACTUAL



(a)



(b)



(c)

NOTAS		CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			PLANTA ACTUAL		
(a) Captación 1	(b) Captación 2		REALIZADO POR: ALEXANDRA CHANALUISA	Lámina	Escala	Fecha		
(c) Otras fuentes				1	1:1	23/02/2014		

## ANEXO 4 CASETA DE BOMBEO



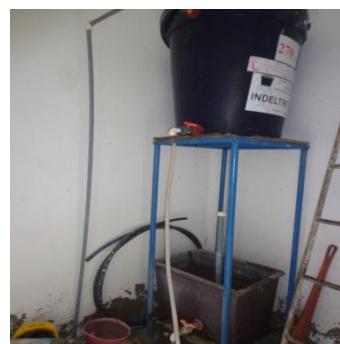
(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: ALEXANDRA CHANALUISA	PLANTA ACTUAL		
(a) Tanques de almacenamiento	<input type="checkbox"/> Certificado		Lámina	Escala	Fecha
(b) Casa de bombeo y cloración	<input type="checkbox"/> Por aprobar		2	1:1	23/02/2014
(c) Tablero eléctrico	<input type="checkbox"/> Aprobado				
(d) Tanque Hipoclorador	<input checked="" type="checkbox"/> Para información				
	<input type="checkbox"/> Por calificar				



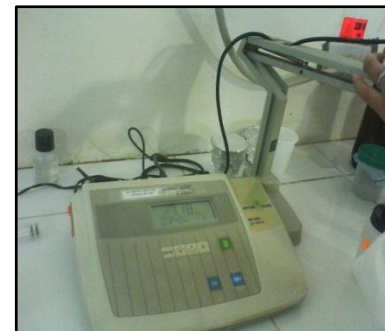
## ANEXO 5 EQUIPOS UTILIZADOS



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

NOTAS		CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: ALEXANDRA CHANALUISA	EQUIPOS UTILIZADOS		
(a) Analizador multiparamétrico (b) Conductividad (c) pH (d) EAA (e) E. Uv-visible	Lámina			Escala	Fecha	
	3			1:1	23/02/2014	

## ANEXO 6 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS



(a)



(b)



(c)



(d)

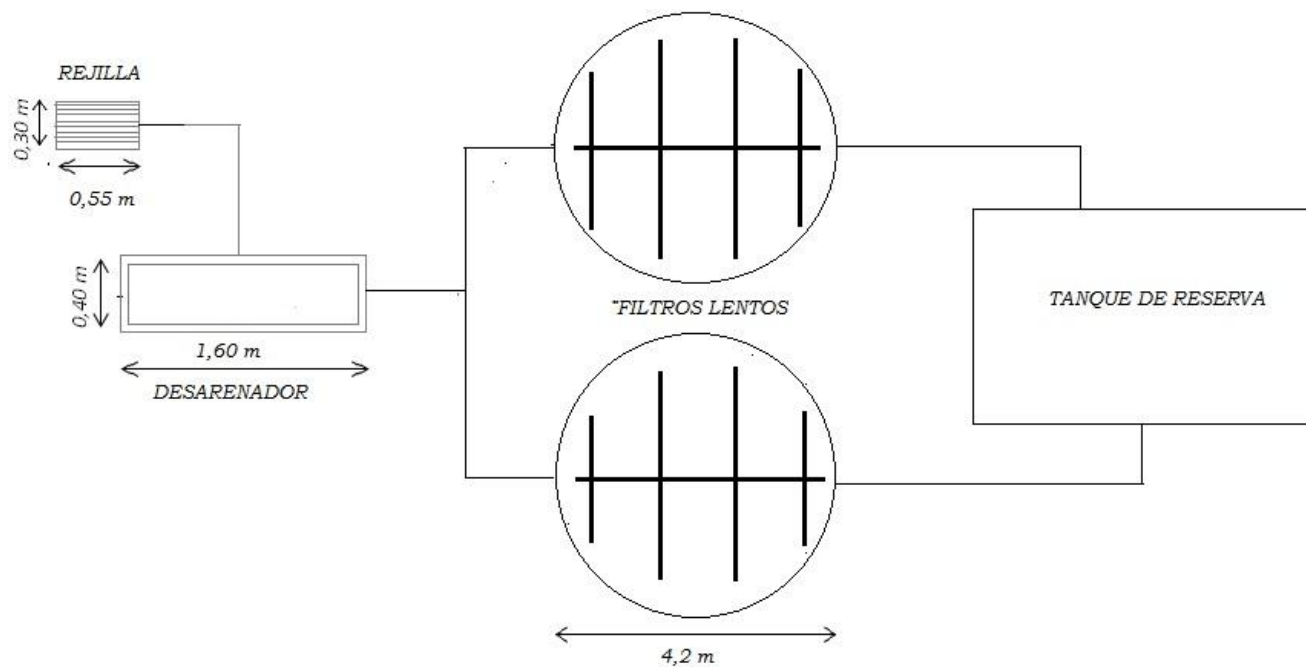


(e)

NOTAS		CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: ALEXANDRA CHANALUISA	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		
(a) Cloruros	Lámina			Escala	Fecha	
(b) Dureza Total						
(c) Alcalinidad						
(d) Nitratos	4	1:1	23/02/2014			
(e) Dureza Cálctica						





## ANEXO 7 PROPUESTA



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: ALEXANDRA CHANALUISA	PROPUESTA		
			Lámina	Escala	Fecha
			5	1:1	23/02/2014

## ANEXO 8 RESULTADOS DE LA MUESTRA

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		 <p><b>OAE</b> LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 81 281</b>		
	SPS: 13 – 9 615	Análisis de agua	

Coca, 19 de noviembre de 2013

**Srta. Alexandra Chanaluisa.**

Dirección: Sacha.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por.....Srta. Alexandra Chanaluisa.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 013 10 30 09:45.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 013 10 30 15:44.  
 Fecha del análisis .....2 013 10 30 a 2 013 11 15.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 28,5°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 77 030.....Muestra de Agua de vertiente para consumo, planta de tratamiento.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 77 030	Límite máximo permisible Tabla 1	Límite máximo permisible Tabla 2	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,37	6 - 9	6 - 9	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	132,7	**	**	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	Sólidos totales disueltos	mg/L	85,2	1 000	500	PEE-LABSU-50	SM 2510 B	± 8%
4	Cloruros	mg/L	< 10,00	250	250	PEE-LABSU-37	SM 4500-Cl- B	± 10%
5	Sulfatos	mg/L	< 10,00	400	400	PEE-LABSU-42	SM 4500-SO4= B	± 17%
6	Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,03	1	1	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
7	Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	1,8	10	10	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
8	Hierro total	mg/L	< 0,20	**	0,025	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
9	Plomo total	mg/L	< 0,15	0,05	0,05	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%
10	Turbidez	UFT	< 5,00	100	10	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	± 16%
11	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	61,50	**	**	PEE-LABSU-59	SM 2340 C	± 8%
12	*Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	6,8	**	**	PEE-LABSU-39	SM 2320 B	~
13	Dureza Cálrica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	28,70	**	**	PEE-LABSU-60	SM 2320 B	± 24%
14	Color real	PtCo	< 15	100	20	PEE-LABSU-84	HACH 8025	± 25%
15	Coliformes totales	Col/100 mL	2 400	3 000	50	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
16	Coliformes fecales	Col/100 mL	100	600	**	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003:

Tabla 1 y 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico.

Tabla 1: Las aguas requieren tratamiento convencional.

Tabla 2: Las aguas requieren solo desinfección.

\*\* = No establecido en la Tabla.

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización:   
Dr. Fabián Arias Arias  
DIRECTOR TÉCNICO

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04



  
Ing. Gilberto López Pérez.  
RESPONSABLE CALIDAD

Página 1 de 1